

Хемијски факултет Универзитета у Београду
Наставно-научном већу Хемијског факултета

ПРЕДМЕТ: Извештај комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације **Иване С. Вељковић**, мастер хемичара, истраживача-сарадника Института за хемију, технологију и металургију Универзитета у Београду

На редовној седници Наставно-научног већа Хемијског факултета одржаној 12. септембра 2019. године изабрани смо у Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације Иване С. Вељковић, мастер хемичара, истраживача-сарадника Института за хемију, технологију и металургију Универзитета у Београду, под насловом

**ПРОУЧАВАЊЕ СУМПОР-СУМПОР ИНТЕРАКЦИЈА У КРИСТАЛНИМ СТРУКТУРАМА
МАЛИХ МОЛЕКУЛА И ПРОТЕИНА ПРИМЕНОМ ИНФОРМАТИЧКИХ И
КВАНТНОХЕМИЈСКИХ МЕТОДА**

Пошто смо поднету дисертацију прегледали, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. ПРИКАЗ САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација Иване С. Вељковић написана је на 130 страна А4 формата и садржи 86 слика, 10 табела и 124 литературна навода. Дисертација се састоји из 8 поглавља: 1. *Нековалентне интеракције сумпора*, 2. *Предмет истраживања и методологија*, 3. *Проучавање геометрија и енергија сумпор-сумпор интеракција*, 4. *Проучавање нековалентних интеракција између дисулфидне везе и сумпора*, 5. *Проучавање сумпор-сумпор интеракција у протеинима*, 6. *Проучавање нековалентних интеракција између молекула тетратијафулвалена*, 7. *Закључак*, 8. *Литература*. Поред тога, дисертација садржи: захвалницу, изводе на српском и енглеском језику, садржај, биографију кандидата, Изјаву о ауторству, Изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

У делу *Нековалентне интеракције сумпора* дат је преглед нековалентних интеракција једињења која садрже сумпор. Приказане су водоничне везе у чијем

грађењу учествују атоми сумпора, описани су резултати експерименталних и теоријских истраживања. Потом су описане интеракције које се заснивају на концепту „ σ -шупљине“ и дат преглед најпознатијих група интеракција овог типа. Такође су описане нековалентне интеракције сумпора $S\cdots X$ типа, које се могу поделити на интеракције у којима атом X није атом сумпора, $S\cdots S$ интеракције и на интеракције у којима X представља делокализовани π -систем. Посебно су издвојене интеракције у којима учествује дисулфидни мост.

У делу *Предмет истраживања и методологија* укратко су описани успостављени циљеви истраживања, а потом је дат опис методологије коришћене у току рада. Описан је значај проучавања кристалних структура добијених из Кембричке базе структурних података и Протеинске банке података за проучавање нековалентних интеракција једињења која садрже сумпор. Дати су теоријски основи и описане квантохемијске методе које се користе за изучавање нековалентних интеракција. Приказани су начини рачунања енергија нековалентних интеракција, разлагања енергија интеракција на компоненте, као и мапа електростатичких потенцијала молекула. Осим тога, наведени су програми који су коришћени током рада.

У делу *Проучавање геометрија и енергија сумпор-сумпор интеракција* приказани су резултати анализе кристалних структура малих молекула у којима су пронађене сумпор-сумпор интеракције између цистеинских остатака ($R-CH_2SH$). Да би објаснили резултате добијене анализом кристалних структура из Кембричке базе структурних података, урађени су квантохемијски прорачуни помоћу којих је одређена енергија $S\cdots S$ интеракција. Прорачуни су урађени на неколико модел система који се састоје од два молекула метантиола у различитим оријентацијама. Трендови у енергијама интеракција су потом расветљени на основу анализе мапа електростатичких потенцијала и декомпозиције енергије.

У делу *Проучавање нековалентних интеракција између дисулфидне везе и сумпора* приказани су резултати анализе кристалних структура које садрже контакте ($S-S\cdots S$ интеракције) између дисулфидне везе и атома сумпора. С обзиром да су резултати статистичке анализе указали на постојање значајног броја бифуркованих интеракција између испитиваних фрагмената, $S-S\cdots S$ интеракције су детаљно

испитане у смислу њихових енергија и геометрија. Израчунате су MP2/cc-pVQZ површине потенцијалне енергије за различите модел системе, урађена је SAPT анализа и израчунате су мапе електростатичког потенцијала. На крају су упоређени резултати анализе кристалних структура и квантнохемијских прорачуна.

У делу *Проучавање сумпор-сумпор интеракција у протеинима* приказани су резултати анализе сумпор-сумпор контаката у кристалним структурама протеина. Претрагом Протеинске банке података пронађени су S...S контакти између аминокиселина које у свом саставу садрже сумпор. Како би објаснили добијене резултате, урађени су квантнохемијски прорачуни и израчунате енергије интеракције. Како би показали да ли постоји тенденција аминокиселинских остатака ка грађењу одређених геометрија у протеинским структурама урађена је визуелна анализа свих S...S контаката.

У делу *Проучавање нековалентних интеракција између молекула тетратијафулвалена* дат је приказ резултата проучавања интеракција између неутралних молекула тетратијафулвалена применом статистичке анализе података из Кембричке базе структурних података и квантнохемијских прорачуна. Како би одабрали најбољу методу за рачунање енергије TTF-TTF интеракције, испитани су различити DFT функционали и базни скупови. Добијени резултати прорачуна упоређени су са резултатима прорачуна на CCSD(T)/CBS нивоу. За рачунање криве потенцијалне енергије TTF-TTF интеракција коришћен је B2PLYP-D3BJ/6-311++G** ниво теорије за који је показано да изузетно добро репродукује резултате добијене CCSD(T)/CBS методом. Да би се идентификовали различити типови интеракција израчунати су и визуелизовани NCI индекси за најзначајније геометрије. Такође је урађена декомпозиција енергије TTF-TTF интеракција и израчуната мапа електростатичког потенцијала тетратијафулвалена.

У *Закључку* је дат кратак преглед резултата ове докторске дисертације, уз поређење са претходним резултатима на које се директно надовезују.

Поглавље *Литература* обухвата 124 литературна навода из области истраживања, који детаљно покривају све делове докторске дисертације.

Б. КРАТАК ОПИС ПОСТИГНУТИХ РЕЗУЛТАТА

У овој докторској дисертацији испитиване су сумпор-сумпор интеракције у кристалним структурама малих молекула и протеина. Проучавање ових интеракција је засновано на анализи кристалних структура из Кембричке базе структурних података и Протеинске банке података и квантнохемијским прорачунима.

Претрагом CSD пронађене су сумпор-сумпор интеракције између цистеинских остатака у кристалним структурама малих молекула. Анализом геометријских података показано је да цистеински фрагменти у кристалним структурама претежно успостављају S··S интеракције када су њихове C-S-H равни оријентисане паралелно. Оваква оријентација омогућава боље паковање у кристалну структуру и доприноси стабилизацији супрамолекулских структура. Прорачуни урађени на CCSD(T)/CBS нивоу показују да је енергија најстабилније геометрије са паралелном оријентацијом молекула релативно јака за овај тип интеракција и износи -1,80 kcal/mol. Резултати прорачуна у овом раду показују да је најјача енергија интеракције (-2,20 kcal/mol) израчуната када су молекули оријентисани тако да међу њима постоји максимално електростатичко привлачење иако такве оријентације нису примећене у кристалним структурама. С обзиром да разлика у енергијама између наведених геометрија износи свега 0,4 kcal/mol може се претпоставити да паралелна оријентација цистеинских фрагмената доприноси стабилизацији супрамолекулске структуре. Иако резултати SAPT декомпозиције енергије показују да су S··S интеракције углавном дисперзионе природе, електростатичка компонента има значајан допринос у димеру са паралелном оријентацијом између молекула.

Поред S··S интеракција у које су укључена само два атома сумпора, у кристалним структурама су веома заступљене интеракције између сумпора и дисулфидне везе. Показано је да су S-S··S интеракције у кристалним структурама углавном бифурковане. У прилог томе иду резултати квантнохемијских прорачуна који указују да су у региону дисулфидне везе бифурковане интеракције јаче од небифуркованих. Релативно јака S-S··S интеракција постоји у бифуркованој геометрији за коју је израчуната енергија интеракције на CCSD(T)/CBS нивоу теорије -2,83 kcal/mol. Иако је најјача енергија S-S··S интеракције израчуната за

небифурковану геометрију и износи $-3,26 \text{ kcal/mol}$ (израчунато на CCSD(T)/CBS нивоу), треба узети у обзир да у тој геометрији, поред S \cdots S интеракције постоји и водонично C-H \cdots S везивање што доприноси јачању интеракције. Упркос јаким интеракцијама, геометрије које одговарају небифуркованим контактима су веома ретке у кристалним структурама. То је последица присуства ригидних и волуминозних супституената у близини дисулфидне везе који онемогућавају успостављање небифуркованих интеракција у супрамолекулској структури. Декомпозиција енергије применом SAPT методе је показала да су у бифуркованим геометријама и електростатика и дисперзија истовремено јаке, за разлику од геометрија које имају небифурковане S-S \cdots S интеракције. На основу мапа електростатичког потенцијала може се закључити да је јачина S-S \cdots S интеракција у вези са расподелом наелектрисања на површинама интерагујућих молекула.

Претрагом Протеинске банке података пронађени су S \cdots S контакти између аминокиселина које у свом саставу садрже сумпор. Наведене интеракције између аминокиселинских остатака могу се сврстати у три групе: цистеин-цистеин, цистеин-метионин и метионин-метионин интеракције. Најмање су заступљене интеракције између два цистеинска остатка, док се најчешће успостављају интеракције између два остатка метионина. Међу S \cdots S контактима пронађена су кратка сумпор-сумпор растојања. За геометрију у којој интерагују два метионина при S \cdots S растојању од $3,504 \text{ \AA}$, израчуната енергија интеракције на TPSS-D3BJ/aug-cc-pVDZ нивоу теорије износи $-0,76 \text{ kcal/mol}$. У кристалним структурама су ипак заступљенији контакти са S \cdots S растојањима од $4,0 \text{ \AA}$ до $4,1 \text{ \AA}$. Енергија интеракције између два метионина на растојању S \cdots S од $4,009 \text{ \AA}$ износи $-1,91 \text{ kcal/mol}$ (TPSS-D3BJ/aug-cc-pVDZ ниво). Ипак, у овој оријентацији може доћи до формирања водоничних веза између атома сумпора једног метионина са атомом водоника метил-групе другог метионина што додатно јача интеракцију. Визуелном анализом свих S \cdots S контаката показано је да, за разлику од структура из CSD које садрже цистеинске остатке у паралелној оријентацији, у протеинским структурама не постоји тенденција аминокиселинских остатака ка грађењу одређених геометрија. То се може објаснити великом флексибилношћу протеина и ниском симетријом.

У оквиру ове докторске дисертације су проучаване интеракције између неутралних молекула тетратијафулвалена применом статистичке анализе података из CSD и квантнохемијских прорачуна. Резултати претраге CSD су показали изражену тежњу TTF фрагмената ка паралелно-смакнутој оријентацији, а квантнохемијски прорачуни су потврдили ове налазе. Најучесталија геометрија пронађена у кристалним структурама је управо она за коју је израчуната најјача енергија интеракције од -9,96 kcal/mol (израчунато на CCSD(T)/CBS нивоу). У овој геометрији долази до преклапања великих површина молекула на шта указује анализа NCI индекса урађена за ову геометрију. У тој геометрији постоји стекинг интеракција између два молекула TTF, али се свакако не може занемарити допринос S...S интеракција које се могу формирати у наведеној оријентацији. Анализа S...S растојања за најстабилнију геометрију указује на могућност успостављања бифуркованих сумпор-сумпор интеракција. Поред најучесталије геометрије постоје још три учестала типа геометрија заступљених у кристалним структурама које садрже TTF мотив. Геометрије тих структура су идентичне или веома сличне геометријама одговарајућих минимума на кривим потенцијалне енергије за испитиване димере. Мале разлике које постоје између геометрија из кристалних структура и геометрија израчунатих минимума се могу приписати чињеници да се у кристалним структурама најчешће налазе деривати TTF који садрже супституенте, а прорачуни енергије интеракције су рађени на несупституисаним TTF молекулима. Декомпозиција енергије је показала да између интерагујућих TTF молекула постоји снажно дисперзионо привлачење које је доминантно у укупној енергији интеракције, мада су присутне и електростатичке интеракције.

В. УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА КАНДИДАТА СА РЕЗУЛТАТИМА ИЗ ЛИТЕРАТУРЕ

Нековалентне S...S интеракције су веома значајне због своје структурне улоге у различитим молекулским системима, од кристала неорганских и органских једињења до биомолекула. Постојање ових интеракција у кристалним структурама сумпорних једињења уочено је почетком осамдесетих година 20. века. Иако је

природа ових интеракција проучавана разним експерименталним и теоријским методама, систематска студија којом су испитиване геометрије и енергије ових интеракција у малим органским молекулима и протеинима до сада није урађена. Ово се посебно односи на системе који представљају основу за органске проводнике, али и на значајне биохемијске системе попут протеина.

У овој дисертацији урађена је свеобухватна и систематска анализа енергија и геометрија S··S и S-S··S интеракција у малим органским молекулима укључујући и молекуле органских проводника и протеина. У оквиру овог истраживања дефинисане су преферентне геометрије S··S интеракција и анализирани заступљености ових интеракција у кристалним структурама из Кембричке базе структурних података и Протеинске банке података. Детаљно су анализирани геометријски параметри који описују S··S интеракције, израчунате су енергије ових интеракција за одговарајуће модел системе.

У претходним студијама у кристалним структурама пронађене су интеракције S··S типа између $X_2C=S$ фрагмената. Најјача интеракција између оваквих фрагмената израчуната је за димер Cl_2CS и износи $-1,07$ kcal/mol на CCSD(T)/CBS нивоу. У овом раду урађена је анализа геометријских података за кристалне структуре из CSD које садрже S··S интеракције између цистеинских остатака. Показано је да се ови фрагменти претежно оријентишу паралелно. Израчуната енергија најстабилније геометрије са паралелном оријентацијом молекула износи $-1,80$ kcal/mol на CCSD(T)/CBS нивоу, док је најјача енергија интеракције ($-2,20$ kcal/mol) израчуната када су молекули оријентисани тако да међу њима постоји максимално електростатичко привлачење. Мала разлика у енергијама између наведених геометрија указује на могућност да паралелна оријентација цистеинских фрагмената утиче на стабилизацију супрамолекулске структуре.

У претходним студијама бифурковане интеракције су препознате у специфичним случајевима кристалних структура које садрже трисулфидне фрагменте. У овом раду је показано је да су у кристалним структурама из CSD S-S··S интеракције претежно бифурковане, док овакав тип интеракција није препознат у кристалним структурама из PDB. Квантнохемијски прорачуни указују да су бифурковане интеракције јаче од небифуркованих ако се посматра регион

дисулфидне везе. Релативно јака S-S-S интеракција постоји у бифуркованој геометрији за коју је израчуната енергија интеракције на CCSD(T)/CBS нивоу теорије од -2,83 kcal/mol.

Значајан број S-S интеракција између цистеинских остатака уочен у кристалним структурама малих молекула, као и интеракција између фрагмента L-цистина које су откривене у претходним студијама, навео је на даље испитивање ових интеракција у протеинима. Сумпор-сумпор контакти су пронађени и у протеинима, а показано је да су најзаступљенији између два остатка метионина. За геометрију у којој интерагују два метионина при кратком S-S растојању (3,504 Å) израчуната енергија интеракције на TPSS-D3BJ/aug-cc-pVDZ нивоу износи -0,76 kcal/mol. Међутим, у кристалним структурама су ипак заступљенији контакти са дужим S-S растојањима, између 4,0 Å и 4,1 Å. Енергија интеракције између два метионина на растојању S-S од 4,009 Å износи -1,91 kcal/mol (TPSS-D3BJ/aug-cc-pVDZ ниво) што је последица формирања додатних водоничних веза између атома сумпора једног метионина са атомом водоника метил-групе другог метионина.

У овој дисертацији проучаване су интеракције између неутралних молекула тетратијафулвалена. Најучесталија геометрија између два TTF фрагмента пронађена у кристалним структурама је паралелно-смакнута за коју је израчуната енергија интеракције на CCSD(T)/CBS нивоу теорије -9,96 kcal/mol. У ранијим студијама прорачуни су показали да укупним интеракцијама између деривата TTF молекула доприносе и S-S интеракције што је у складу са резултатима NCI анализе из ове дисертације. Поред тога, анализа S-S растојања у модел системима за које су израчунате енергије интеракције између два TTF фрагмента, указује на могућност постојања јаких S-S интеракција.

Декомпозиција енергије за све испитиване системе је показала да између интерагујућих молекула постоји веома јако дисперзионо привлачење мада је и утицај електростатике веома изражен. Мапе електростатичких потенцијала показују да на јачину S-S интеракција у значајној мери утиче расподела наелектрисања на површинама интерагујућих молекула.

Г. РАДОВИ И САОПШТЕЊА КОЈИ СУ ДЕО ДИСЕРТАЦИЈЕ

Резултати рада на овој докторској дисертацији објављени су до сада у 2 научна рада (оба из категорије M21a), а у току је припрема још једног рада. Поред тога, резултати су презентовани у облику 9 саопштења на научним скуповима, која су штампана у изводу.

Радови објављени у међународним часописима изузетних вредности (M21a)

Ivana S. Antonijević, Dušan P. Malenov, Michael B. Hall, Snežana D. Zarić, *Study of stacking interactions between two neutral tetrathiafulvalene molecules in Cambridge Structural Database crystal structures and by quantum chemical calculations*, Acta Cryst. B75, (2019), 1–7. (IF₂₀₁₈ = 6.732)

<https://doi.org/10.1107/S2052520618015494>

Ivana S. Antonijević, Goran V. Janjić, Miloš K. Milčić, Snežana D. Zarić, *Preferred geometries and energies of sulfur-sulfur interactions in crystal structures*, Cryst. Growth Des. 16, (2016), 632–639. (IF₂₀₁₄ = 4.891)

<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.cgd.5b01058>

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34)

Ivana S. Antonijević, Goran V. Janjić, Marina Stojiljković, Snežana Kostić, Snežana D. Zarić, *S...S interactions between cysteine residue in crystal structures*, International Summer School on Supramolecular Chemistry, Belgrade, August 2013.

Ivana S. Antonijević, Goran V. Janjić, Marina Stojiljković, Snežana D. Zarić, *The crystallographic and quantum-chemical analysis of S...S interactions between cysteine residue*, Theoretical Approaches to BioInformation Systems - TABIS 2013, Belgrade, September 2013.

Ivana S. Antonijević, Dušan P. Malenov, Snežana D. Zarić, *CCSD(T)/CBS interaction energies and performance of dispersion corrected density functionals on parallel interactions between two tetrathiafulvalene molecules*, Summer School on Applied Supramolecular Chemistry and Workshop on Theoretical Supramolecular Chemistry, Belgrade, July 2014.

Ivana S. Antonijević, Ivana M. Stanković, Snežana D. Zarić, *Analysis of sulfur-sulfur interactions in proteins from the Protein Data Bank*, Protein Electrostatics, Belgrade, June 2018.

Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу (M64)

Ivana S. Antonijević, Goran V. Janjić, Marina Stojiljković, Snežana D. Zarić, *S··S Interactions In Crystal Structures*, XX Conference of Serbian Crystallographic Society, Belgrade, Avala, June 2013.

Dušan P. Malenov, **Ivana S. Antonijević**, Snežana D. Zarić, *Assessment of performance of density functionals by using statistical methods – the case of tetrathiafulvalene stacking*, 5th Symposium "Mathematics and Applications", Belgrade, October 2014.

Ivana S. Antonijević, Dušan P. Malenov, Snežana D. Zarić, *Crystallographic and quantum-chemical analysis of parallel interaction in tetrathiafulvalene dimer*, XXII Conference of Serbian Crystallographic Society, Smederevo, June 2015.

Ivana S. Antonijević, Dušan P. Malenov, Snežana D. Zarić, *Strong stacking interactions between tetrathiafulvalene fragments: crystallographic and quantum chemical study*, 25th Conference of the Serbian Crystallographic Society, Bajina Bašta, June 2018.

Ivana S. Antonijević, Dušan Ž. Veljković, Gordana Sarić, Katarina Katančević, Snežana D. Zarić, *Crystallographic and quantum-chemical study of interactions between sulfur and disulfide bond*, 25th Conference of the Serbian Crystallographic Society, Bajina Bašta, June 2018.

Поред наведених публикација и саопштења који су проистекли из ове дисертације, кандидат је коаутор на још два научна рада (један категорије M21, један категорије M22), као и једног поглавља у монографији међународног значаја.

Д. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Оригиналност ове докторске дисертације је проверена на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (*Гласник Универзитета у Београду*, бр. 204/22.06.2018.). Помоћу програма *iThenticate*, утврђено је да количина подударана текста износи 4%. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података коришћених у литератури, тзв. општих места и података у вези са темом дисертације, као и претходно публикованих резултата истраживања проистеклих из дисертације, што је у складу са чланом 9. овог Правилника.

Стога сматрамо да је утврђено да је докторска дисертација **Иване С. Вељковић** у потпуности оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања.

Е. ЗАКЉУЧАК

У овој докторској дисертацији кандидат Ивана С. Вељковић систематски је испитала енергије и геометрије сумпор-сумпор интеракција у кристалним структурама малих молекула и протеина. Анализа геометријских података из кристалних структура које садрже S-S интеракције између цистеинских остатака је показала да се ови фрагменти претежно оријентишу паралелно. Израчунате енергије интеракција за различите геометрије указале су да оваква оријентација цистеинских фрагмената може утицати на стабилизацију супрамолекулске структуре. Поред S-S интеракција у кристалним структурама веома су заступљене интеракције између сумпора и дисулфидне везе. Ове интеракције су претежно бифурковане, што је у сагласности са резултатима квантохемијских прорачуна који су показали да су бифурковане интеракције јаче од небифуркованих у региону дисулфидне везе. Сумпор-сумпор контакти су пронађени и у протеинима, а најзаступљенији су између два остатка метионина. Најчесталија геометрија између два TTF фрагмента пронађена у кристалним структурама је паралелно-смакнута за коју је израчуната најјача енергија интеракције. Резултати који произилазе из ове докторске дисертације могу да буду од великог значаја за различите области хемије, као што је кристални инжењеринг, развој нових материјала и лекова или лиганада који садрже сумпор. Ови резултати такође могу да расветле и неке аспекте везане за процесе хемијског и биолошког препознавања у протеинима, имајући у виду присуство атома сумпора у аминокиселинама цистеин и метионин, као и значајног броја дисулфидних веза. Поред тога, сумпор-сумпор интеракције су одговорне за молекулску структуру и функцију многих познатих органских материјала који се користе као проводници.

Из ове докторске дисертације проистекла су два научна рада у међународним часописима изузетних вредности (Cryst. Growth Des. и Acta Cryst. B), као и 9 саопштења на научним скуповима.

Комисија је мишљења да резултати ове докторске дисертације представљају значајан оригинални научни допринос у областима координационе хемије и нековалентних интеракција. На основу свега изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду да прихвати поднету докторску дисертацију Иване С. Вељковић под насловом **Проучавање сумпор-сумпор интеракција у кристалним структурама малих молекула и протеина применом информатичких и квантнохемијских метода** и одобри њену одбрану.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Весна Б. Медаковић, ментор
доцент, Универзитет у Београду, Хемијски факултет

др Снежана Д. Зарић
редовни професор, Универзитет у Београду, Хемијски факултет

др Катарина К. Анђелковић
редовни професор, Универзитет у Београду, Хемијски факултет

др Наталија Ђ. Половић
ванредни професор, Универзитет у Београду, Хемијски факултет

др Горан А. Богдановић
научни саветник, Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“

У Београду, 11. октобра 2019. године