

Универзитет у Београду
ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО: 02-04-2019			
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредности
	381/6		

Универзитет у Београду - Хемијски факултет
Наставно-научном већу

Предмет: Извештај Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације Весне Д. Милановић, мастер хемичара.

На редовној седници Наставно-научног већа Хемијског факултета Универзитета у Београду, одржаној 13. априла 2017. године, одређени смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Весне Д. Милановић, мастер хемичара, под насловом: „Историја хемије као контекст за учење хемијских појмова и испитивање ученичких постигнућа“.

Веће научних области природних наука Универзитета у Београду је, на својој 6. седници одржаној 25.05.2017. године, на захтев Хемијског факултета, број: 381/5 од 11.05.2017. године, дало сагласност на предлог теме докторске дисертације (Број одлуке: 61206-1982/2-17).

Након прегледа докторске дисертације, подносимо Већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација Весне Д. Милановић написана је на укупно 232 стране формата А4 са проредом 1,5. Докторска дисертација садржи 37 слика (од чега је 27 у материјалима за учење и инструментима) и 89 табела. Текст дисертације чине следећа поглавља: Увод (6 страна), Теоријски део (44 стране), Методологија истраживања (31 страна), Резултати и дискусија (74 стране), Закључак (15 страна), Литература (33 стране, 310 цитата) и Прилози (29 страна, 14 прилога). Поред наведеног, дисертација на почетку садржи: Захвалницу (1 страна), Извод на српском и енглеском језику (по 2 стране) и Садржај (5 страна). На крају докторске дисертације налазе се: Биографија кандидата (1 страна), Списак радова и саопштења кандидата (5 страна), и обавезне изјаве (Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу).

У Уводу је објашњен избор предмета истраживања, оправданост и значај истраживања за нашу средину. Полазећи од актуелних тема у истраживањима у области наставе природних

наука које се односе, с једне стране, на контекстуални приступ, а с друге стране на улогу историје науке у научном образовању младих, у оквиру дисертације се истражује проблем примене историје хемије као контекста у различитим фазама наставе хемије, колико такав приступ може унапредити разумевање хемијских појмова и природе науке, и допринети решавању проблема у образовању ученика, испољених у претходним истраживањима и у оквиру међународних тестирања, као што је PISA тестирање (*Programme for International Student Assessment*). Поред препорука у литератури за укључивање садржаја из историје науке у наставну праксу, недостају истраживања у којима су испитивани ефекти примене историјског контекста на разумевање научних појмова. На основу тога, дефинисани су предмет и циљ истраживања. Предмет истраживања је испитивање ефеката примене историје хемије као контекста за учење хемијских појмова и за проверавање ученичких постигнућа. Циљ истраживања је да се утврди да ли учење хемије у историјском контексту, односно кроз праћење развоја науке, може да допринесе бољем разумевању хемијских појмова у односу на друге контексте, као што је контекст савременог живота или традиционалне наставе, и да се испита да ли садржаји из историје хемије могу бити основа за проверавање разумевања хемијских појмова. На основу постављеног циља разрађени су задаци истраживања који обухватају преглед литературе у вези с историјским контекстом, његовом применом и релацијама са кључним појмовима који се јављају у документима/радовима о образовању у области природних наука, планирање инструмената истраживања и различитих материјала за учење, организовање и реализацију истраживања, статистичку обраду прикупљених података и интерпретацију добијених резултата, као и извођење препорука за наставну праксу на основу укупних резултата.

У **Теоријском делу** размотрено је значење појма научна писменост, с акцентом на хемијској писмености као њеном саставном делу. Сагледане су две компоненте научне писмености, знање научних концепата и знање о природи науке. Издвојене су специфичности наставе хемије и указано на разлоге честог формирања заблуда (погрешног разумевања појмова) код ученика током наставног процеса, као и на потребу за организовањем знања ученика око великих идеја науке. Посебно су обрађени ставови наставника и ученика о природи науке. Размотрен је допринос учења садржаја природних наука у контексту (ситуацијама које помажу ученицима да изграде значење појмова, правила, принципа) који може подстаћи и подржати формирање функционалне научне писмености ученика. Као један од контекста у коме се могу учити хемијски појмови и природа науке, пре свега њена

карактеристика да је научно знање подложно промени, описан је контекст историје хемије. Издвојене су предности и ограничења овог контекста, као и могуће препреке за његову имплементацију у наставну праксу. Препреке се првенствено односе на компетенције наставника за организовање и реализацију контекстуалног приступа заснованог на садржајима из историје хемије, као и на заинтересованост ученика модерног доба да се баве историјским садржајима. Теоријски део дисертације бави се и способношћу ученика да формулишу аргументе на основу којих би доносили одлуке у вези с лично или друштвено релевантним питањима, што је способност коју би требало да развију научно писмени млади. Све новине у наставном процесу требало би да буду праћене и променом у начину проверавања ученичких постигнућа, па је стога направљен и осврт на начине проверавања који се у наставној пракси примењују и препоруке за унапређивање те праксе. На крају теоријског дела дисертације указано је на релације између претходно разматраних појмова што обезбеђује дубље разумевање како се ти појмови међусобно допуњавају и подржавају грађење функционалне научне писмености ученика.

У оквиру **Методологије истраживања** описана је методологија шест спроведених истраживања, од којих су три прелиминарна, а три главна истраживања. Пошто уверења наставника и ученика могу да утичу на успешност имплементације нових приступа у наставу, као припрема за главна истраживања, изведена су три прелиминарна истраживања чији су предмет били ставови наставника хемије и ученика о науци, научноистраживачком раду и примени историјског контекста у наставном процесу. Од тога, два истраживања су реализована са наставницима хемије који раде у основној школи, а једно са ученицима осмог разреда основне школе (узраст 14 година). Сва три прелиминарна истраживања припадају квалитативном типу истраживања, а за прикупљање података су коришћени различити упитници. У три главна истраживања испитани су ефекти примене историјског контекста приликом: обраде новог градива у оквиру лекције *Увод у органску хемију*, систематизације градива из теме *Неметали, оксиди неметала и киселине*, и проверавања ученичких постигнућа у вези са *Законом одржања масе*. Ученици осмог разреда основне школе учествовали су у истраживањима у којима је историјски контекст примењен за учење и систематизацију хемијских појмова, док су ефекти историјског контекста за проверавање ученичких постигнућа испитани са ученицима различитог узраста (седми и осми разред основне школе и други разред гимназије). За потребе ових истраживања креирани су различити текстуални материјали, аудио снимци, иницијални и финални тестови. Школе у

којима су спроведена истраживања су биране тако да услови рада у њима, опремљеност и квалификованост наставника, одговарају просечним условима у којима се реализује настава хемије у нашој земљи. Пре почетка истраживања разговарано је са директорима школа и активима наставника природних наука о учешћу у истраживању и при томе су објашњени предмет, циљеви и методологија планираних истраживања. Након добијања њихове сагласности за извођење истраживања, склопљени су уговори о сарадњи између школа и Хемијског факултета Универзитета у Београду. На почетку сваког од истраживања (и прелиминарних и главних) учесницима је објашњен циљ истраживања и које се активности од њих очекују. Њихово учешће је било добровољно у смислу да су могли одустати од активности предвиђених планом истраживања. Такође, ученицима је саопштено да ће њихови резултати бити коришћени само за потребе истраживања и да ни на који начин неће утицати на њихове оцене и крајњи успех из хемије, што је у складу са етичким принципима на којима се заснива извођење педагошких истраживања (Cohen *et al.*, 2007). У оквиру методологије појединачних истраживања постављене су хипотезе/истраживачка питања, детаљно је описан узорак, процедура истраживања, инструменти истраживања и резултати провере њихове валидности и поузданости, као и начин на који су прикупљени подаци статистички обрађени.

У поглављу **Резултати и дискусија** приказани су и дискутовани добијени резултати. Најпре су изнети резултати прелиминарних, а затим резултати главних истраживања. Приказ резултата прелиминарних истраживања је организован према групама питања из упитника коришћених за прикупљање података, док су резултати главних истраживања организовани око постављених хипотеза или истраживачких питања.

У поглављу **Закључак** најпре су изнети закључци појединачних истраживања, а затим закључци изведени на основу резултата свих спроведених истраживања. На крају су наведене проистекле импликације за наставну праксу. Ограничења спроведених истраживања такође су део овог поглавља.

Литература, укупно 310 цитата, обухвата публикације релевантне за област истраживања (научне радове, књиге и образовна документа) и покрива све делове дисертације.

У **Прилозима** су приказани инструменти прелиминарних и главних истраживања, коришћени наставни материјали, као и принципи кодирања одговора на питања отвореног типа.

Б. Кратак опис постигнутих резултата

На основу одговора наставника, добијених у прелиминарним истраживањима, може се закључити да они опажају потенцијалне добити примене садржаја из историје хемије за наставу/учење хемије, али да у пракси такав приступ не користе много. *Структура атома* и *Периодни систем елемената* су садржаји хемије које наставници сматрају најпогоднијим за обраду у историјском контексту, док је мали број испитаника као погодне за обраду у историјском контексту навео садржаје у вези са *Законом одржања масе*, *Неметалима* и *Уводом у органску хемију*, што је додатно подстакло да на том садржају хемије буду заснована главна истраживања дисертације. Према одговорима наставника, најзаступљенији садржаји из историје хемије у настави неорганске хемије су они који указују како су откривени поједини елементи, и на порекло назива елемената. Такви садржаји се највише користе приликом обраде лекција о *кисеонику* и *гвожђу*. Наставници препознају потенцијал садржаја из историје хемије за развијање позитивних ставова ученика о хемији. Они наставници који су током иницијалног образовања похађали курс из историје хемије су сигурнији у тој процени, и сматрају да је на часовима хемије потребно више садржаја из историје хемије. Одговори наставника указали су на њихове дилеме у вези с питањима колико садржаји из историје хемије доприносе ученичком разумевању хемијских појмова и какви су ефекти примене историјског контекста у поређењу са контекстом савременог живота, што је потврдило потребу за извођењем главних истраживања дисертације.

Резултати прелиминарног истраживања реализованог са ученицима, не указују на потенцијалне препреке за примену историјског приступа у настави хемије. Ученици су препознали да је историја хемије област која проучава живот и рад хемичара из прошлости, као и основне карактеристике науке и научноистраживачког рада које су уграђене у садржаје из историје хемије. На основу поређења одговора наставника и ученика на питање како дефинишу науку, уочене су сличности у њиховим одговорима. Наставници и ученици приписују сличне особине научницима, имају заједничке узоре међу њима, с тим што наставници хемије имају више узора међу хемичарима од ученика.

Резултати главних истраживања говоре о ефектима примене историје хемије као контекста за учење новог градива, систематизацију градива и проверавање ученичких постигнућа. У истраживању у коме су испитани ефекти примене историје хемије као контекста за учење лекције *Увод у органску хемију*, једна група ученика је била изложена епизодама из историје развоја органске хемије и активностима конструисања аргумената на

основу тих епизода (група А), док су у другој групи изостале историјске епизоде и активности аргументовања (група Б). Пре интервенције, ученици обе групе су радили иницијални тест, а постигнути резултати су показали да су две групе уједначене према предзнању. Пронађен је умерен ефекат аргументовања у контексту историје развоја органске хемије на постигнућа ученика групе А на финалном тесту (вредност Пирсоновог коефицијента корелације износи 0,454). Група А је на финалном тесту постигла боље резултате од групе Б, али разлика између аритметичких средина постигнутих резултата у групама није статистички значајна. Испитивање статистичке значајности разлике постигнутих процената тачних одговора на сваком захтеву финалног теста показало је да су ученици групе А постигли статистички значајно већи проценат тачних одговора на четири захтева финалног теста у односу на ученике групе Б. Постигнуће на три од та четири захтева може се повезати са аргументовањем у контексту историје развоја органске хемије. Статистички значајна разлика између виђења ученика групе А и групе Б о променљивости научног знања, што је главна карактеристика природе науке, није нађена пре интервенције, али је утврђена након што је група А била изложена активностима аргументовања у контексту историје развоја органске хемије. На основу тога може се рећи да историјски контекст доприноси бољем сагледавању ове карактеристике природе науке.

У истраживању у коме су испитани ефекти примене историјског контекста приликом систематизације градива на тему *Неметали, оксиди неметала и киселине*, једна група ученика (група А) је радила према приступу који је укључивао епизоде из историје хемије о истраживачком раду Џозефа Пристлија (Joseph Priestley, 1733-1804) на добијању и испитивању својстава гасова, кисеоника и угљеник(IV)-оксида. Друга група ученика радила је према приступу који је имао фокус на примени знања о својствима ових гасова у савременом тренутку (група Б). Добијени резултати су показали да су ефекти оба приступа слични, односно није нађена статистички значајна разлика између укупних постигнућа на финалном тестирању ученика групе А и групе Б. Међутим, статистички значајно веће постигнуће на једном захтеву финалног теста у групи А, може се довести у везу са епизодом из историје хемије о Пристлијевом раду на открићу сода воде.

У трећем главном истраживању је испитано да ли контекст историје хемије може да послужи за праћење разумевања ученика различитог узраста у вези са *Законом одржања масе* и њихове способности да примене информације из историје хемије у савременом контексту (описи огледа у школској лабораторији и ситуације из реалног живота).

Постигнућа ученика у све три групе (7. разред, 8. разред и 2. разред гимназије) су била ниска, али генерално гледано ученици гимназије су остварили боља постигнућа од ученика основне школе. Аритметичка средина постигнућа ученика гимназије је статистички значајно већа од аритметичке средине постигнућа ученика осмог разреда основне школе. Статистички значајно се не разликују укупна постигнућа гимназијалаца и ученика седмог разреда основне школе, као ни постигнућа ученика седмог и осмог разреда основне школе. На основу резултата истраживања идентификовани су бројни проблеми ученика у разумевању *Закона одржања масе*. Постигнућа ученика указују на тешкоће у вези с предвиђањем и објашњењем промене масе у отвореном реакционом систему. Ове тешкоће су израженије ако се ради о хемијској реакцији у којој је реактант гас, где последишно укупна маса система расте, него о реакцији где је гас продукт и где укупна маса система опада. Мање од трећине ученика у узорку може да пружи одговоре који се односе на исту хемијску реакцију у отвореном и затвореном систему, и да тако упореде резултате два експеримента. Добијени резултати указали су и на проблеме ученика у издвајању релевантних информација из текста и примени тих информација за формулисање одговора на питања у тесту.

На основу укупних резултата може се рећи да историјски контекст има потенцијал да унапреди разумевање хемијских појмова и природе науке, као и праксу проверавања ученичких постигнућа, али да он мора бити уграђен у целину образовног искуства ученика.

В. Упоредна анализа резултата кандидата са резултатима из литературе

Иако у литератури постоје бројне препоруке за имплементацију историјског контекста у наставну праксу, ефекат примене таквог контекста на разумевање научних концепата испитиван је у малом броју истраживања. Резултати до којих је кандидат дошао указују да не треба занемарити потенцијал историје хемије као контекста у коме ученици могу градити разумевање хемијских појмова (Lin, 1998; Seroglou *et al.*, 1998; Sneider and Ohadi, 1998; Galili and Hazan, 2000). Може се претпоставити да примена историјског контекста може показати и позитивније ефекте уколико редовна наставна пракса изађе из оквира традиционалне наставе која је најчешће деконтекстуализована и у којој је сумативно проверавање водећи начин проверавања ученичких постигнућа. Резултати истраживања кандидата потврдили су позитиван допринос контекста историје хемије за сагледавање карактеристика природе науке, првенствено оне која се односи на подложност научног знања преиспитивању и промени (Solomon *et al.*, 1992; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Irwin, 2000; Galili and Hazan, 2001;

Kim and Irving, 2010). Одговори ученика на појединим захтевима у инструментима главних истраживања указали су на постојање, у литератури описаних, проблема у разумевању одређених садржаја хемије. Тако ученици различитог узраста поседују заблуде које се односе на очекивање да ће маса зарђалог ексера бити иста као и маса ексера пре корозије (Mulford and Robinson, 2002), или очекивање да је маса исте количине супстанце већа у чврстом агрегатном стању него у течном агрегатном стању (Mulford and Robinson, 2002; Ozmen and Ayas, 2003). Уочени су и проблеми повезани с трансфером знања стеченог у оквиру једног предмета на решавање проблема у оквиру другог предмета. Реч је о појму густина који се учи у оквиру наставе физике (Martin *et al.*, 2008) и процесу фотосинтезе који се обрађује у оквиру наставе биологије (Stavy *et al.*, 1987; Eisen and Stavy, 1988). Прилагођавање одговора формулацији *Закон одржања масе* и тенденција ученика да прихвате информацију из текста без даљег разматрања њених импликација може се довести у везу са резултатима PISA тестирања у домену читалачке писмености који указују да наши петнаестогодишњаци доминантно остварују постигнућа описана на два најнижа нивоа, која подразумевају рад са експлицитно саопштеним информацијама у тексту (Pavlović Babić i Baucal, 2013). Поређењем одговора наставника и ученика, добијених у оквиру прелиминарних истраживања, уочена је сличност у начину на који они опажају науку, чиме су потврђени налази из литературе да се перцепција наставника о науци и научницима одражава на њихову наставну праксу и утиче на формирање ставова ученика о науци и научницима (Irez, 2006).

Г. Објављени или саопштени радови који чине део докторске дисертације

Радови публиковани у међународним часописима:

M21 (IF: 1,906 - 2016)

1. Vesna D. Milanovic and Dragica D. Trivic (2017). The Historical or the Contemporary Context: Which of the Two Ensures a Deeper Understanding of Gas Properties? *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 549-558. <https://doi.org/10.1039/C7RP00027H>

M23 (IF: 0,638 - 2017)

2. Vesna D. Milanovic and Dragica D. Trivic (2017). History of chemistry as a part of assessment of students' understanding of the law of conservation of mass. *Journal of Baltic Science Education*, 16(5), 780-796. <http://oaji.net/articles/2017/987-1509214241.pdf>

Радови публиковани у националним часописима

M51

1. Vesna D. Milanović i Dragica D. Trivić (2016). Sadržaji iz istorije hemije kao potpora za učenje neorganske hemije u osnovnoj školi. *Pedagogija*, 71(4), 403-418. (не постоји могућност линковања)

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу

M34

1. Vesna D. Milanovic and Dragica D. Trivic (2018). Students' Argumentation Skills Expressed in the Context of the History of Chemistry. *14th European Conference on Research in Chemical Education book of abstracts*, 2nd - 6th September 2018, Warsaw, Poland, 57.

2. Vesna Milanovic and Dragica Trivic (2016). History of chemistry and nature of science: what do these mean to chemistry teachers. *Book of abstracts of the 13th European Conference on Research in Chemical Education*, 7th - 10th September 2016, Barcelona, Spain, 145.

Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у изводу

M62

1. Vesna D. Milanović i Dragica D. Trivić (2018). Epizode iz istorije hemije - kontekst za proveravanje učeničkih postignuća. *Aprilski dani o nastavi hemije*, 26-27. april 2018, Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, 9.

2. Vesna D. Milanović i Dragica D. Trivić (2017). Istorija hemije u nastavi hemije iz ugla istraživača, nastavnika i učenika. *Aprilski dani o nastavi hemije*, 27-28. april 2017, Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, 10.

Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу

M64

1. Vesna D. Milanović i Dragica D. Trivić (2015). Istorija hemije u nastavi hemije - stavovi nastavnika hemije. *52. Savetovanje Srpskog hemijskog društva - Kratki izvodi radova*, 29-30. maj 2015, Novi Sad, 141, ISBN 978-86-7132-056-6.

Д. Провера оригиналности докторске дисертације

Оригиналност ове докторске дисертације проверена је 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 5 %. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места 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 Весне Д. Милановић у потпуности оригинална, као и да су у потпуности задовољена академска правила цитирања.

Ђ. Закључак

Комисија је на основу детаљног прегледа докторске дисертације под насловом „Историја хемије као контекст за учење хемијских појмова и испитивање ученичких постигнућа“ закључила да је кандидат Весна Д. Милановић успешно одговорила на постављене задатке везане за испитивање ефеката примене историје хемије као контекста за учење хемијских појмова и проверавање ученичких постигнућа. Резултати три главна истраживања указали су на потенцијал који примена таквог контекста има за формирање разумевања хемијских појмова код ученика, као и сагледавање карактеристика природе науке. Резултати три прелиминарна истраживања указали су која врста подршке је потребна наставницима хемије за успешну имплементацију историјског контекста у наставну праксу, као и да не постоје препреке код ученика за учење хемије на тај начин. Истраживања у оквиру дисертације спроведена су у складу с принципима методологије педагошких истраживања, а добијени резултати представљају оригиналан и значајан допринос проучавању ефеката примене историјског контекста у настави хемије, унапређивању процеса наставе и учења хемије, као и проверавања ученичких постигнућа.

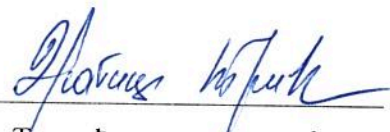
Резултати истраживања, проистекли из ове докторске дисертације, објављени су у оквиру три научна рада: једном раду у врхунском међународном часопису (M21), једном раду у међународном часопису (M23) и једном раду у водећем часопису националног значаја (M51). Поред тога, резултати истраживања презентовани су у оквиру два саопштења на међународним скуповима, штампана у изводу (M34), два предавања по позиву на скупу

националног значаја штампана у изводу (М62), и у оквиру једног саопштења на скупу националног значаја, штампаном у изводу (М64).

На основу свега изложеног, Комисија сматра да су испуњени сви услови за одбрану докторске дисертације и предлаже Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду да поднету докторску дисертацију Весне Д. Милановић под насловом „Историја хемије као контекст за учење хемијских појмова и испитивање ученичких постигнућа“ прихвати и одобри њену одбрану за стицање академског звања доктора хемијских наука.

У Београду,
01.04.2019.

Комисија:



Др Драгица Тривић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Хемијски факултет, ментор



Др Филип Бихеловић, доцент
Универзитет у Београду - Хемијски факултет



Др Ана Пешикан, ванредни професор
Универзитет у Београду - Филозофски факултет

Референце коришћене у Извештају:

- Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Cohen, L., Manion, L. and Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education, 6th edition*. New York: Routledge.
- Eisen, Y. and Stavy, R. (1988). Students' Understanding of Photosynthesis, *American Biology Teacher*, 50(4), 208-212.
- Galili, I. and Hazan, A. (2000). The influence of a historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *American Journal of Physics*, 68(S1), 3-15.
- Galili, I. and Hazan, A. (2001). The effect of a history-based course in optics on students' views about science. *Science & Education*, 10(1), 7-32.
- Irez S. (2006). Are We Prepared?: An Assessment of Preservice Science Teacher Educators' Beliefs About Nature of Science. *Science Education*, 90(6), 1113-1143.
- Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.
- Kim, S. Y. and Irving, K. E. (2010). History of Science as an Instructional Context: Student Learning in Genetics and Nature of Science. *Science & Education*, 19(2), 187-215.
- Lin, H. (1998). The Effectiveness of Teaching Chemistry through the History of Science. *Journal of Chemical Education*, 75(10), 1326-1330.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S. and Foy, P. (2008). *TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.

- Mulford, D. R. and Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 739-744.
- Ozmen, H. and Ayas, A. (2003). Students' difficulties in understanding of the conservation of matter in open and closed-system chemical reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(3), 279-290.
- Pavlović Babić, D. i Baucal, A. (2013). *Podrži me, inspiriši me PISA 2012 u Srbiji: prvi rezultati*. Beograd: Institut za psihologiju Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Centar za primenjenu psihologiju.
- Seroglou, F., Panagiotis, K. and Tselfes, V. (1998). History of Science and Instructional Design: The Case of Electromagnetism. *Science & Education*, 7(3), 261-280.
- Sneider, C. and Ohadi, M. M. (1998). Unraveling Students' Misconceptions about the Earth's Shape and Gravity. *Science Education*, 82(2), 265-284.
- Solomon, J., Duveen, J. and Scot, L. (1992). Teaching About the Nature of Science through History: Action Research in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421.
- Stavy, R., Eisen, Y. and Yaakobi, D. (1987). How students aged 13–15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105-115.