



Драгица Д. Тривић<sup>1</sup>,  
Лидија Р. Ралевић,  
Биљана И. Томашевић

Универзитет у Београду, Хемијски факултет,  
Београд, Србија

Оригинални  
научни рад

## Како ученици осмог разреда основне школе и првог разреда гимназије интеририрају репрезентације структуре и састава сустанци<sup>2</sup>

**Резиме:** Циљ овог истраживања јесте да се испита како ученици осмог разреда основне школе и првог разреда гимназије интеририрају репрезентације структуре и састава сустанци, и колико су успешни у трансформисању репрезентација једног нивоа у други. У истраживању су учествовала укупно 193 ученика, и то 81 ученик осмог разреда основне школе и 112 ученика првог разреда гимназије. Према циљу истраживања и истраживачким питањима припремљен је тест чији су се захтеви односили на различите нивое репрезентација у вези са структуром атома, молекула и јона, хемијском везом, чистим сустанцима и смешама. Ученици првог разреда гимназије остварили су статистички значајно боље укупно резултате на тесту у односу на ученике осмог разреда основне школе. Резултати истраживања су показали да репрезентације субмикроскопског нивоа мање помажу ученицима осмог разреда основне школе у разумевању структуре атома, молекула и јона, као и састава чистих сустанци и смеша, док су ученици првог разреда гимназије успешнији у њиховој интеририрацији. Осим тога, резултати истраживања су показали да постоје проблеми у превођењу значења једног нивоа репрезентација на други, пошто када се информације посредују помоћу репрезентација субмикроскопског нивоа.

**Кључне речи:** хемија, основна школа, гимназија, репрезентације.

<sup>1</sup> dtrivic@chem.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Реализацију овог истраживања финансирало је Министарство просвете, науке и технолошког развоја (број уговора: 451-03-9/2021-14/ 200168).

Copyright © 2021 by the authors, licensee Teacher Education Faculty University of Belgrade, SERBIA.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original paper is accurately cited.

## Увод

Живот у сложеном материјалном свету који се убрзано мења захтева, поред осталог, разумевање основних идеја хемије као дела научне писмености, потребне сваком члану друштва независно од година старости. Због тога циљ образовања у области природних наука обухвата и разумевање основних идеја хемије (Gilbert & Treagust, 2010). Разумевање тих идеја захтева ментално ангажовање у формирању представа о атомима, молекулима, јонима и интеракцијама између њих, о свету који није доступан чулима, и повезивање тог света са својствима и променама супстанци које се могу опазити. Одатле произилази специфичност учења хемије, а то је да се садржаји хемије разматрају на три нивоа: на *макроскојском*, који се односи на чулно опажљива својства и промене супстанци, на *субмикроскојском* нивоу, који обухвата структуру супстанци, атоме, молекуле и јоне, и *симболичком* нивоу, који се служи симболима (словима, бројевима, ознакама) да би се представили атоми, молекули, јони, супстанце и промене којима супстанце подлежу (Johnstone, 1993). Повезивање и интеграција информација које пружају различити нивои представљања садржаја хемије потребни су за разумевање хемије (Gkitzia et al., 2011; Jaber & BouJaoude, 2012; Lin et al., 2016; Milenković et al., 2014a). Другим речима, да би ученици разумели зашто супстанца има одређена својства или зашто се мења на одређен начин (макроскопски ниво), потребна је истовремена примена субмикроскопских и симболичких приказа у хемијским објашњењима (Treagust et al., 2003).

Смислено учење према Мејеровој теорији о селекцији релевантних информација (Mayer, 1996), обухвата избор релевантних информација међу онима које су доступне, њихово организовање у кохерентну репрезентацију и интегрисање у постојећу базу знања. То значи да ће се смислено учење хемије јавити када ученици издвоје информације са сва три нивоа предста-

вљања хемијских садржаја, обједине их у јединствену слику о структури, својствима и променама супстанци, и повежу с претходно стеченим знањем. Према Мејеровој и Мореновој когнитивној теорији мултимедијалног учења (Mayer & Moreno, 2005), базираној на теорији двоструког кодирања (Clark & Paivio, 2006), когнитивног оптерећења и конструктивистичкој теорији учења, вишеструке репрезентације садржаја и објашњавање речима и сликама више доприноси да ученици уче с разумевањем него објашњења дата само речима. Радна меморија у којој се обрађују визуелне и аудио информације има ограничен капацитет (теорија когнитивног оптерећења). У њој постоје два подсистема, један који се користи за представљање вербалних репрезентација, а други за представљање невербалних репрезентација (теорија двоструког кодирања). Смислено учење, као што је већ истакнуто, одвија се када ученик издвоји важне информације, организује их и успостави везе са претходно стеченим знањем, сагласно конструктивистичкој теорији учења. Проверавање разумевања научног такође би требало да обухвати превођење визуелних репрезентација у вербалне и обрнуто (Ainsworth, 1999).

Резултати из редовне наставне праксе и различитих истраживања указују да ученици доживљавају хемију као тежак и апстрактан предмет (Ben-Zvi et al., 1987; Ben-Zvi et al., 1988; Gabel, 1999; Johnstone, 1993; Nakhleh, 1992; Treagust & Chittleborough, 2001). Посматрање демонстрација огледа у којима долази до хемијских промена супстанци или лабораторијски рад ученика, као важни начини реализације наставе хемије, не покрећу увек код ученика разматрање посматраних промена на субмикроскопском нивоу и повезивање са симболичким нивоом представљања хемијских реакција помоћу хемијских једначина (Gabel, 1999; Hinton & Nakhleh, 1999). Истраживања су показала да је ученицима, као и студентима, најтеже да размишљају о структури супстанце (субмикроскопски ниво), и да

на том нивоу интерпретирају својства и промене супстанци које макроскопски опажају (Chittleborough & Treagust, 2007; Driver et al., 1994; Hinton & Nakhleh, 1999; Krnel et al., 1998; Nelson, 2002; Stamoavlasić et al., 2015). У односу на информације о субмикроскопском нивоу, приказане помоћу цртежа модела структуре супстанце, атома, молекула и јона, испитаници су успешније интерпретирали информације о супстанцама представљене на симболичком нивоу. Изостајање повезивања макроскопски опажених својстава и промена супстанци с честичном природом супстанци утиче и на способност решавања проблема који укључују квантитативне аспекте хемијских реакција, што се види у настојању испитаника различитог узраста да током решавања примене већ познате алгоритме (Gabel & Bunce, 1994; Nakhleh, 1993; Nurrenbern & Pickering, 1987; Sawrey, 1990; Yaroch, 1985).

Демонстрациони огледи у настави хемије имају потенцијал да подстакну ученике на повезивање и интеграцију три нивоа представљања хемијских реакција (Trivić, Milanović, 2018). Међутим, у којој мери ће се то постићи, зависи од начина укључивања ученика у посматрање демонстрација и дискусију о запажањима. Показало се да модел учења заснован на вишеструким нивоима репрезентације у области неорганске хемије доприноси побољшању концептуалног разумевања хемијских појмова и мањем интелектуалном напору ученика током решавања задатака теста којим се проверава разумевање хемијских промена демонстрираних огледима у поређењу с традиционално подучаваним ученицима (Milenković et al., 2014a). Такође, утврђено је да су ученици након подучавања применом триплетног модела репрезентације садржаја формирали једну мисконцепцију, док су ученици подучавани традиционалним приступом формирали девет мисконцепција (Milenković et al., 2016).

У уџбеницима хемије користе се различите репрезентације субмикроскопског нивоа које

служе да подрже формирање менталних модела или унутрашњих репрезентација (Head et al., 2017). Уџбеници садрже и комплексне репрезентације, које повезују два или три нивоа представљања хемијских садржаја како би се подржало развијање потпунијег разумевања тог садржаја (Gkitzia et al., 2011). Како ће нека репрезентација садржаја хемије бити перципирана, зависи од знања појединца, али и од обима и врсте те репрезентације (Talanquer, 2011). Ако посматрач не уочава кључне информације које пружају репрезентације различитих нивоа, њихова сврха није остварена. Томе могу допринети наставни програми према којима настава врло брзо почиње да укључује у великој мери субмикроскопски ниво, као и наставници који приликом приказивања репрезентација различитих нивоа не наглашавају њихову међусобну повезаност (Gabel, 1999) или у објашњењима занемарују субмикроскопски ниво, који је пресудан за разумевање својстава и промена супстанци. Тиме се отежава повезивање и интерпретација репрезентација различитих нивоа и изостаје повезивање макроскопских својстава супстанце и њене честичне структуре (Driver et al., 1994; Krnel et al., 1998). Додатно, ученицима је тешко да уоче релације између макроскопског нивоа и различитих врста репрезентација субмикроскопског нивоа: оних којима су представљене интеракције унутар молекула (интрамолекуларске) и оних којима су представљене интеракције између молекула (интермолекуларске).

Истраживања су показала да постоје проблеми приликом трансформисања једног нивоа репрезентација у други (Chittleborough & Treagust, 2007; Gkitzia et al., 2011). Тако, када ученик представља симболички неку хемијску реакцију помоћу хемијске једначине, која је квалитативно и квантитативно описује, и повезује тако макроскопски и субмикроскопски ниво (Wang et al., 2017), то не значи да промену може успешно да представи и на честичном нивоу (Kern et al., 2010).

Показало се и да студенти који се образују за будуће наставнике хемије имају проблем у разумевању три нивоа хемијских репрезентација, при чему репрезентације субмикроскопског нивоа изазивају највеће когнитивно оптерећење студената и утичу на њихова слабија постигнућа у решавању задатака. Макроскопски и симболички ниво студенти процењују као нивое средње и идентичне тежине (Milenković et al., 2014b). Осим тога, будући наставници при објашњавању хемијских садржаја не праве дистинкцију између макроскопског и субмикроскопског нивоа, као ни између симболичког и субмикроскопског нивоа представљања (Rodić, 2018).

## Методологија

*Циљ истраживања.* Циљ овог истраживања јесте да се испита како ученици осмог разреда основне школе и првог разреда гимназије интерпретирају репрезентације структуре и састава супстанци, и колико су успешни у трансформисању репрезентација једног нивоа у други. Значај овог истраживања је у испитивању да ли ученици могу да разумеју основне идеје хемије, међу којима су оне о честичној структури супстанци, хемијским везама, чистим супстанцама (елементи и једињења) и смешама, а које се на часовима хемије и у уџбеницима хемије посредују помоћу различитих репрезентација.

На основу постављеног циља проистекла су следећа истраживачка питања:

1. Како ученици осмог разреда основне школе и првог разреда гимназије интерпретирају репрезентације које се односе на структуру и састав супстанци?
2. Који ниво репрезентација је најтежи за интерпретирање ученицима осмог разреда основне школе и првог разреда гимназије?
3. У којој мери су ученици осмог разреда основне школе и првог разреда гимназије успешни

у трансформацији једног нивоа репрезентација у други?

*Инструмент.* Према циљу истраживања и истраживачким питањима развијен је инструмент – тест (Прилог), исти за обе групе испитаника. Тест има шест задатака са укупно 32 захтева отвореног и затвореног типа. Захтеви у задацима се односе на различите нивое репрезентација садржаја хемије. Осим репрезентација у првом задатку, оне које су коришћене у осталим задацима уобичајено се наводе у уџбеницима хемије за основну и средње школе. За решавање теста је предвиђено 45 минута (један школски час).

*Узорак.* У истраживању су учествовала укупно 193 ученика, од којих је 81 ученик осмог разреда из две основне школе у Београду, а 112 ученика је похађало први разред у две гимназије у Београду. Основне школе и гимназије су изабране да буду укључене у истраживање према следећим критеријумима: да се налазе на територији Београда, да се према реализацији наставе изабране школе сврставају у огледне школе и да су запослени у њима спремни за сарадњу према циљу истраживања. Изабрани узорак је невероватносна (намерни и пригодан), а његова репрезентативност није велика. Из тог разлога није погодно изводити генерализације на основу добијених резултата спроведеног истраживања.

Пре почетка истраживања, ради добијања сагласности за учешће у истраживању, наставници хемије и директори школа су упознати с циљем и начином реализације истраживања. По добијању сагласности склопљени су уговори између школа и Универзитета у Београду – Хемијског факултета, које су потписали директори школа и декан факултета. Учешће ученика у истраживању је било добровољно, а постигнуће на тесту није утицало на оцену из хемије. Наставници који раде у школама у којима је реализовано тестирање проценили су да су сви захтеви теста у складу с наставним програмима хемије, тј. да у тесту нема захтева који су изван предвиђених

исхода учења хемије. Чланови Катедре за наставу хемије Универзитета у Београду – Хемијског факултета који нису били укључени у припрему теста проценили су да припремљени тест испуњава захтев ваљаности теста према циљу истраживања и истраживачким питањима.

## Резултати и дискусија

Карактеристике дистрибуције резултата у групама испитаника. Ученици су на тесту могли да добију максимално 32 поена. У Табели 1 приказане су карактеристике дистрибуције резултата у обе групе испитаника. Укупно постигнуће ученика првог разреда гимназије је веће од укупног постигнућа ученика осмог разреда основне школе (процент тачних одговора је већи за 23,7 %).

Табела 1. Карактеристике дистрибуције резултата у групама испитаника

Група	N	Min	Max	Mean	Sd	%	Skewness	Kurtosis
8. разред основне школе	81	5	29	15,1	5,5	47,2	0,342	-0,481
1. разред гимназије	112	5	31	22,7	4,7	70,9	-0,965	1,512

Дистрибуција резултата у групи ученика осмог разреда је нормална (на шта указују израчунате *скјуносис* и *куртосис* вредности у опсегу  $\pm 1$ ), док резултати у групи ученика првог разреда гимназије не подлежу нормалној расподели (*куртосис* вредност је изван опсега  $\pm 1$ ). Из тог разлога је статистичка значајност разлике у постигнућима две групе ученика испитана помоћу Ман-Витнијевог *U*-теста, који је непараметријски еквивалент *t*-теста. Применом овог теста утврђено је постојање статистички значајне разлике у укупним постигнућима ученика осмог разреда основне школе ( $Md=15$ ,  $N=81$ ) и ученика првог разреда гимназије ( $Md=23$ ,  $N=112$ ),  $U=1355,5$ ,  $z=-8,315$ ,  $p=0,000$ ,  $r=-0,598$ .

### Резултати на појединим захтевима теста

У Табели 2 приказан је број ( $N$ ) и проценат тачних одговора на захтевима теста, као и број и процент ученика који нису пружили одговоре у обе групе испитаника. Помоћу *t*-теста испитана је статистичка значајност разлике процента тачних одговора на сваком захтеву теста између групе ученика осмог разреда основне шко-

ле и првог разреда гимназије. Добијене вредности наведене су у Табели 2.

Процент тачних одговора на појединачним захтевима теста кретао се у интервалу од 1,2% до 97,5% у 8. разреду, а од 20,5% до 99,1% у првом разреду гимназије, што такође говори о бољим постигнућима ученика гимназија у односу на ученике основних школа. Ученици 1. разреда гимназије само на једном захтеву (2в) нису били успешнији од ученика 8. разреда, док су на 23 од 32 захтева дали статистички значајно већи број тачних одговора. На захтеву 2в ученици 8. разреда дали су статистички значајно већи број тачних одговора.

Први задатак је решавао велики број ученика обе групе испитаника, при чему већи проценат ученика осмог разреда није пружао одговор у односу на проценат ученика првог разреда гимназије. Репрезентације у прва три захтева првог задатка представљају комбинацију макроскопског и субмикроскопског приказа. У обе групе испитаника највећи број ученика је идентификовао репрезентацију која указује да се у балону налази елемент, док је мањи број ученика обе групе тачно идентификовао репрезентацију која приказује да су у балонима смеше (смеша је-

Табела 2. Резултати у различитим групама испитаника

Ознака захтева	8. разред		8. разред		1. разред		1. разред		<i>t</i> -тест
	тачни одговори		без одговора		тачни одговори		без одговора		
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	
1а)	18	22,2	10	12,3	57	50,9	4	3,6	-4,04**
1б)	31	38,3	8	9,9	64	57,1	3	2,7	-2,58*
1в)	69	85,2	7	8,6	105	93,8	1	0,9	-1,98
1г)	40	49,4	6	7,4	99	88,4	1	0,9	-5,96**
1д)	36	44,4	5	6,2	53	47,3	1	0,9	-0,40
1ђ)	63	77,8	4	4,9	98	87,5	4	3,6	-1,79
2а1)	79	97,5	1	1,2	111	99,1	1	0,9	-0,88
2а2)	77	95,1	1	1,2	108	96,4	1	0,9	-0,45
2а3)	77	95,1	1	1,2	110	98,2	1	0,9	-1,23
2б) Mg	59	72,8	13	16,0	104	92,9	2	1,8	-3,80**
2б) Mg <sup>2+</sup>	1	1,2	35	43,2	70	62,5	2	1,8	-8,72**
2в)	36	44,4	32	39,5	23	20,5	44	39,3	3,56**
3а)	42	51,9	11	13,6	74	66,1	17	15,2	-1,99
3б)	15	18,5	56	69,1	60	53,6	39	34,8	-4,94**
3в)	19	23,5	16	19,8	45	40,2	6	5,4	-2,43*
3г)	3	3,7	58	71,6	39	34,8	28	25,0	-5,17**
4а)	44	54,3	19	23,5	85	75,9	19	17,0	-3,15**
4б)	27	33,3	47	58,0	76	67,9	23	20,5	-4,76**
4в)	29	35,8	51	63,0	49	43,8	56	50,0	-1,12
4г)	28	34,6	34	42,0	78	69,6	22	19,6	-4,82**
5Аа)	46	56,8	17	21,0	91	81,3	4	3,6	-3,70**
5Аб)	54	66,7	17	21,0	105	93,8	4	3,6	-4,88**
5Ав)	41	50,6	20	24,7	102	91,1	4	3,6	-6,34**
5Аг)	6	7,4	36	44,4	52	46,4	17	15,2	-5,83**
5Ад)	52	64,2	25	30,9	104	92,9	5	4,5	-5,00**
5Ађ)	56	69,1	23	28,4	99	88,4	5	4,5	-3,33**
5Ае)	46	56,8	25	30,9	95	84,8	5	4,5	-4,33**
5Б)	25	30,9	48	59,3	94	83,9	11	9,8	-7,47**
6а)	49	60,5	15	18,5	101	90,2	6	5,4	-4,89**
6б)	21	25,9	53	65,4	79	70,5	26	23,2	-6,12**
6в)	30	37,0	27	33,3	74	66,1	16	14,3	-4,00**
6г)	6	7,4	58	71,6	39	34,8	42	37,5	-4,44**

\*\*  $p > 0,01$ \*  $p > 0,05$ 

дињења, односно смеша елемената и једињења). При томе, најмањи број тачних одговара у обе групе испитаника је дат за репрезентацију која приказује смешу елемената и једињења. На сва три захтева проценат тачних одговара је већи у

групи ученика првог разреда гимназије. Следећа три захтева првог задатка представљају комбинацију макроскопског и симболичког приказа. Ученици првог разреда гимназије најуспешнији су били у идентификовању репрезентације која

приказује да се у балону налази једињење, а затим смеша елемента и једињења, док су ученици осмог разреда најуспешнији били у идентификовању репрезентације која приказује да је садржај у балону смеша елемента и једињења. Процент тачних одговора на сва три захтева је већи у групи ученика првог разреда гимназије у односу на групу осмака, при чему најмања разлика у проценту тачних одговора се односи на репрезентацију која обухвата и симболички приказ састава смеше коју чине два елемента. Резултати постигнути на првом задатку указују да су за интерпретацију састава неког система, да ли је то чиста супстанца (елемент или једињење) или смеша, ученицима обе групе нешто значајније информације дате на симболичком нивоу него на субмикроскопском у виду цртежа модела молекула (просечно постигнуће за репрезентације које укључују субмикроскопски ниво износи 48,6% у групи осмака и 67,3% у групи гимназијалаца, док просечно постигнуће за репрезентације које укључују симболички ниво износи 57,2% у групи осмака и 74,4% у групи гимназијалаца). Добијени резултати у складу су с резултатима других истраживања (на пример, Kern et al., 2010) и указују да је ученицима теже да интерпретирају репрезентације субмикроскопског нивоа него симболичког.

Већина ученика обе групе је идентификовала репрезентације елементарних честица, електрона, протона и неутрона у првом захтеву другог задатка. У другом захтеву другог задатка показало се да много више ученика осмог разреда има проблем да разликује структуру атома и јона магнезијума од ученика првог разреда гимназије. Грешке ученика осмог разреда у тумачењу симболичког записа  $Mg^{2+}$  обухватају следеће: неки су навели да та честица има два протона више у односу на честицу која се симболички представља са Mg (атом магнезијума), неки су сматрали да у односу на атом има два протона више, али и два електрона мање, неки су повећали број свих елементарних честица у

јону за два, а неки су дуплирали број свих елементарних честица у јону. Ученици првог разреда гимназије су у статистички значајно већем броју тачно решили овај захтев. Међутим, и у овој групи су појединци повећавали број електрона у јону магнезијума за два, или повећавали број протона за два, смањивали и број протона и број електрона за два. Другим речима, на основу симболичког записа јона ученици погрешно интерпретирају број елементарних честица у јону. Када се упореде резултати ученика на другом задатку са резултатима у претходном задатку, уочава се да њихова успешност у интерпретирању симболичких репрезентација зависи од тога да ли оне говоре о врсти супстанце, о саставу супстанци или носе информацију о структури честица тих супстанци.

Иако је већина гимназијалаца тачно навела број елементарних честица у атому магнезијума, око петине њих је нацртало модел структуре атома овог елемента (захтев 2в). Захтев је подразумевао превођење симболичке репрезентације у субмикроскопску. Статистички значајно већи проценат тачних одговора у групи ученика осмог разреда на овом захтеву се може објаснити чињеницом да су у ученицима хемије за овај узраст више заступљене такве репрезентације, као и да проверавање ученика у оквиру редовне наставе више укључује сличне захтеве. Будућим истраживањима би се могло испитати на који начин ученици формулишу одговоре на овакве захтеве (присећањем већ виђених цртежа модела атома, применом алгоритма о броју и распореду електрона по нивоима у атому, конструисањем субмикроскопске репрезентације на основу симболичке).

У првом захтеву трећег задатка од ученика се очекивало да на основу симболичког записа садржаја на етикети производа препознају врсту честице једног од састојака флаширане воде. Око половине ученика осмог разреда и две трећине ученика првог разреда гимназије изабрало је

тачан одговор, али статистички значајно мањи број основаца у односу на број гимназијалаца је тај избор тачно објаснио. У трећем захтеву трећег задатка требало је изабрати репрезентацију структуре честице натријума (субмикроскопски ниво) која одговара њеном симболичком запису на етикети. Нешто више од петине основаца и око 40% гимназијалаца је направило тачан избор репрезентације, док је тачно објашњење избора пружило тек неколико основаца. У групи гимназијалаца број ученика који су пружили тачно објашњење избора одговора је нешто мањи у односу на број оних који су изабрали тачну репрезентацију. Резултати на трећем задатку указују да ученици на основу симболичког записа успешније идентификују врсту честице него што су у стању да повежу симболички ниво са субмикроскопском репрезентацијом која приказује број електрона, протона и неутрона у тој честици. Ученици првог разреда гимназије су били успешнији у решавању захтева, али се исти тренд запажа и код њих.

Нешто више од половине осмака и три четвртине гимназијалаца препознало је да репрезентација у четвртном задатку приказује грађење молекула водоника, што је честа репрезентација у уџбеницима хемије. Трећина осмака и скоро две трећине гимназијалаца превели су ту репрезентацију субмикроскопског нивоа у симболички запис, тј. написали су формулу молекула водоника. Нешто већи број осмака, у односу на оне који су написали формулу, написао је назив елемента, док је код гимназијалаца обрнута ситуација, мањи број њих је навео назив елемента. Превођење репрезентације субмикроскопског нивоа на макроскопски ниво и навођење агрегатног стања елемента (водоника) при стандардним условима тачно је урадило нешто више од трећине осмака и две трећине гимназијалаца. У групи осмака види се пад броја ученика који успешно идентификују шта представља репрезентација субмикроскопског нивоа на захтевима који се односе на превођење

тог значења на симболички ниво и макроскопски ниво. Код гимназијалаца такође постоји пад, али је нешто мањи.

Цртежи модела молекула су чести у уџбеницима хемије. Више од половине осмака и преко 80% гимназијалаца тачно је одговорило на питања у вези с хемијским везама у молекулу и бројем атома елемената који граде молекулчији је цртеж модела приказан у петом задатку. У обе групе испитаника број тачних одговора је био нижи на питању у којем се уместо термина хемијска веза користио термин заједнички електронски пар (7,4% у основној школи и 46,4% у гимназији). Око 30% осмака и 84% гимназијалаца успешно је превело репрезентацију субмикроскопског нивоа у симболички и написало формулу молекула сумпорне киселине. То указује да се посебна пажња и додатна објашњења морају пружити основцима да би они повезивали моделе молекула са хемијским формулама.

У последњем задатку од ученика се очекивало да повежу репрезентације које приказују субмикроскопски ниво с одговарајућим хемијским формулама. Одговори ученика у обе групе су показали да су они мање успешни када се од њих очекује да узму у обзир и тип хемијске везе у приказаном моделу молекула. При томе су гимназијалци за око 30% успешнији у тачном повезивању формуле и модела молекула за оба примера у задатку. У обе групе мањи број ученика може да објасни избор одговора који су дали. Када се упореде проценти тачних одговора на захтеву у претходном задатку – да се на основу цртежа модела молекула напише молекулска формула и на захтевима у последњем задатку да се од понуђених формула изабере она која одговара приказаном моделу молекула – види се да је већи број ученика осмог разреда основне школе пружило тачан одговор у избору обе формуле. Процент тачно изабраних формула на првом захтеву последњег задатка код гимназијалаца је већи него на захтеву да напишу формулу



на основу цртежа модела молекула у претходном задатку, међутим, проценат тачних одговора на другом захтеву је нижи због занемаривања типа хемијске везе у молекулу.

## Закључак

Објашњавање својстава и промена супстанци које се макроскопски могу опажати зависи од разумевања структуре супстанце која је невидљива. Различите репрезентације субмикроскопског нивоа се користе у настави хемије и у уџбеницима хемије да би се ученицима олакшало формирање представе (менталних модела или унутрашњих репрезентација) о том нивоу, о честицама које изграђују супстанце, о хемијским везама, о томе каква је на субмикроскопском нивоу чиста супстанца, а каква је смеша супстанци. Од ученика се очекује још да то све повежу са симболичким нивоом и представљањем супстанци помоћу хемијских симбола и формула.

Истраживање је показало да репрезентације субмикроскопског нивоа мање доприносе разумевању садржаја хемије код ученика осмог разреда основне школе, док су гимназијалци успешнији у њиховој интерпретацији. Такође, ис-

траживање је показало да постоје проблеми у превођењу значења једног нивоа репрезентација на други, поготову када се информације посредују помоћу репрезентација субмикроскопског нивоа. Ученицима обе групе је било лакше да решавају задатке у којима се полазило од симболичког нивоа и захтевало повезивање са субмикроскопским нивоом него у обрнутом случају. Међутим, резултати истраживања су указали и на проблеме ученика осмог разреда основне школе у вези с разумевањем информација датим на симболичком нивоу, а које се односе на структуру јона.

## Импликације за праксу

Резултати указују да наставници хемије и аутори уџбеника већу пажњу морају да посвете приказивању и објашњавању репрезентација различитих нивоа, посебно у основној школи. Уместо брзог прелажења са једног нивоа разматрања својстава и промена супстанци на други, важно је више времена посвећивати међусобном повезивању информација које пружају репрезентације макроскопског, субмикроскопског и симболичког нивоа, укључујући и објашњења ограничења тих репрезентација.

## Литература

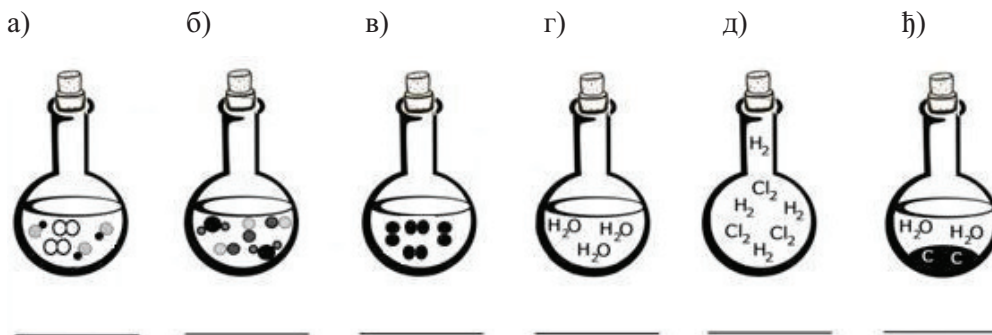
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33 (2–3), 131–152. DOI: 10.1016/S0360-1315(99)00029-9
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1987). Students' Visualisation of a Chemical Reaction. *Education in Chemistry*, 24 (4), 117–120.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1988). Theories, principles and laws. *Education in Chemistry*, 25 (3), 89–92.
- Chittleborough, G. & Treagust, D. F. (2007). The modeling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3), 274–292. DOI: 10.1039/B6RP90035F
- Clark, J. & Paivio, A. (2006). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review Journal of Science Education*, 3 (3), 149–210. DOI: 10.1007/BF01320076

- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5–12. DOI: 10.3102/0013189X023007005
- Gabel, D. L. & Bunce, D. M. (1994). Research on chemistry problem solving. In: Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (301–326). New York: MacMillan.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 548–554. DOI: 10.1021/ed076p548
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. F. (2010). Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. In: Gilbert, J. K. & Treagust, D. (Eds.). *Multiple Representations in Chemical Education* (1–8). Springer.
- Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12 (1), 5–14. DOI: 10.1039/C1RP90003J
- Head, M. L., Yoder K., Genton, E. & Sumperl, J. (2017). A quantitative method to determine preservice chemistry teachers' perceptions of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 18 (4), 825–840. DOI: 10.1039/c7rp00109f
- Hinton, M. E. & Nakhleh, M. B. (1999). Students' Microscopic, Macroscopic and Symbolic Representations of Chemical Reactions. *The Chemical Educator*, 4 (5), 158–167. DOI: 10.1007/s00897990325a
- Jaber, L. Z. & BouJaoude, S. (2012). A Macro–Micro–Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*, 34 (7), 973–998. DOI: 10.1080/09500693.2011.569959
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70 (9), 701–705. DOI: 10.1021/ed070p701
- Kern, A. L., Wood, N. B., Roehrig, G. H. & Nyachwayac, J. (2010). A qualitative report of the ways high school chemistry students attempt to represent a chemical reaction at the atomic/molecular level. *Chemistry Education Research and Practice*, 11 (3), 165–172. DOI: 10.1039/C005465H
- Krnel, D., Watson, R. & Glažar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. *International Journal of Science Education*, 20 (3), 257–289. DOI: 10.1080/0950069980200302
- Lin, Y. I., Son, J. Y. & Rudd II, J. A. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal of Science Education*, 38 (4), 644–662. DOI: 10.1080/09500693.2016.1144945
- Mayer, R. E. (1996). Learning strategies for making sense out of expository text: The SOI model for guiding three cognitive processes in knowledge construction. *Educational Psychology Review*, 8, 357–371. DOI: 10.1007/BF01463939
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2005). A cognitive theory of multimedia learning: Implications for design principles. *Educational Psychologist*, 38 (1), 43–52.
- Milenković, D., Segedinac, M. & Hrin, T. (2014a). Increasing high school students' chemistry performance and reducing cognitive load through an instructional strategy based on the interaction of multiple levels of knowledge representation. *Journal of Chemical Education*, 91 (9), 1409–1416. DOI: 10.1021/ed400805p
- Milenković, D., Segedinac, M., Hrin, T. & Cvjetičanin, S. (2014b). Cognitive Load at Different Levels of Chemistry Representations. *Croatian Journal of Education: Hrvatski časopis za odgoj i vaspitanje*, 16 (3), 699–722. Posećeno 25. 8. 2021. na www: <https://hrcak.srce.hr/128202>

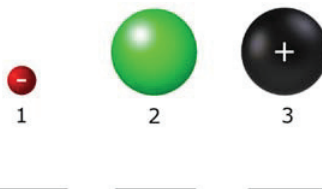
- Milenković, D., Segedinac, M., Hrin, T. & Horvat, S. (2016). The impact of instructional strategy based on the triplet model of content representation on elimination of students' misconceptions regarding inorganic reaction. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 81 (6), 717–728. DOI: 10.2298/JSC150812021M
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191–196. DOI: 10.1021/ed069p191
- Nakhleh, M. B. (1993). Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers?. *Journal of Chemical Education*, 70 (1) 52–55. DOI: 10.1021/ed070p52
- Nelson, P. G. (2002). Teaching chemistry progressively: from substances, to atoms and molecules, to electrons and nuclei. *Chemistry Education Research and Practice*, 3 (2), 215–228. DOI: 10.1039/B2RP90017C
- Nurrenbern, S. C. & Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64 (6), 508–510. DOI: 10.1021/ed064p508
- Rodić, D., Rončević, T. & Segedinac, M. (2018). The Accuracy of Macro-Submicro-Symbolic Language of Future Chemistry Teachers. *Acta Chimica Slovenica*, 65 (2), 394–400. DOI: 10.17344/acsi.2017.4139
- Sawrey, B. A. (1990). Concept learning versus problem solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67 (3), 253–254. DOI: 10.1021/ed067p253
- Stamovlasis, D., Kypraios, N. & Papageorgiou, G. (2015). A SEM Model in Assessing the Effect of Convergent, Divergent and Logical Thinking on Students' Understanding of Chemical Phenomena. *Science Education International*, 26 (3), 284–306.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry „triplet“. *International Journal of Science Education*, 33 (2), 179–195. DOI: 10.1080/09500690903386435
- Treagust, D. F. & Chittleborough, G. (2001). Chemistry: A matter of understanding representations. In: Brophy, J. (Ed.). *Subject-specific instructional methods and activities* (239–267). Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- Treagust, D., Chittleborough, G. & Mamiala T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25 (11), 1353–1368. DOI: 10.1080/0950069032000070306
- Trivić, D., Milanović, V. (2018). The macroscopic, submicroscopic and symbolic level in explanations of a chemical reaction provided by thirteen-year olds. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 83 (10), 1177–1192. DOI: 10.2298/JSC171220055T
- Yarroch, W. L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing, *Journal of Research in Science Teaching*, 2 (5), 449–459. DOI: 10.1002/tea.3660220507
- Wang, Z., Chi, S., Luo, M., Yang, Y. & Huang, M. (2017). Development of an instrument to evaluate high school students' chemical symbol representation abilities. *Chemistry Education Research and Practice*, 18 (4), 875–892. DOI: 10.1039/c7rp00079k

ПРИЛОГ

1. На основу цртежа и информација које они пружају о садржају балона, одреди шта се налази у сваком балону и на линијама напиши одговарајућу скраћеницу: елемент – Е; једињење – Ј; смеша елемената – СЕ; смеша једињења – СЈ; смеша елемената и једињења – СЕЈ.



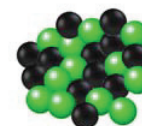
2. а) На линији испод сваког цртежа напиши назив елементарне честице која је њиме представљена.



б) Попуни табелу.

честица	атомски број	масени број	број протона	број неутрона	број електрона
Mg	12	24			
Mg <sup>2+</sup>	12	24			

в) На слици је приказан модел језгра честице магнезијума. На основу података из табеле прикажи структуру електронског омотача честице при чијој реакцији са кисеоником као производ настаје магнезијум-оксид.



3. У табели су приказани састојци наведени на етикети комерцијално доступне флаширане воде.

а) Заокружи број испред тачног одговора.

На основу података у табели флаширана вода садржи:

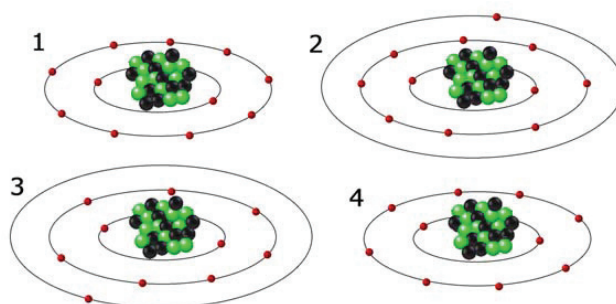
- |                       |
|-----------------------|
| 1) атоме калцијума    |
| 2) елемент калцијум   |
| 3) анјоне калцијума   |
| 4) молекуле калцијума |
| 5) катјоне калцијума. |

1 dm <sup>3</sup> флаширане воде садржи:	
Састојци	Количина у mg · dm <sup>-3</sup>
Бикарбонати (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	763,00
Натријум (Na <sup>+</sup> )	398,20
Хлориди (Cl <sup>-</sup> )	310,50
Калцијум (Ca <sup>2+</sup> )	31,00
Магнезијум (Mg <sup>2+</sup> )	21,90
Калијум (K <sup>+</sup> )	4,20
Јод (I <sup>-</sup> )	0,98

б) Објасни одговор.

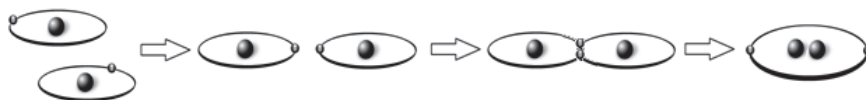
в) Заокружи број испред цртежа модела честице натријума у флашираној води.

Z(Na)=11; A(Na)=23



г) Објасни одговор.

4. а) Шта представља следећа слика?

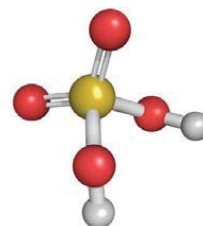


б) Напиши формулу молекула елемента са дате слике.

в) Напиши назив тог елемента.

г) У ком агрегатном стању је тај елемент при стандардним условима?

5. Кристина је направила модел молекула сумпорне киселине као што је приказано на слици (жутом куглицом је приказан модел атома сумпора, црвеним куглицама модели атома кисеоника, а белим куглицама модели атома водоника).



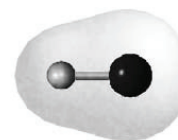
А) Одговори на питање. Колико у молекулу чији је модел приказан има:

- а) једноструких ковалентних веза
- б) двоструких ковалентних веза
- в) троструких ковалентних веза
- г) укупно заједничких електронских парова у везама које се остварују између свих атома кисеоника и атома сумпора
- д) атома водоника
- ђ) атома сумпора
- е) атома кисеоника?

Б) Која је молекулска формула једињења чији је модел молекула приказан на слици?

6. а) Заокружи број испред тачног одговора. Која од следећих супстанци има молекул чији би модел могао да изгледа као што је приказано на слици 1?

- 1)  $\text{H}_2$
- 2)  $\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{HCl}$
- 4)  $\text{O}_2$

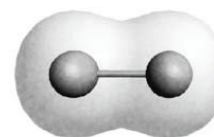


слика 1.

б) Објасни одговор.

в) Заокружи број испред тачног одговора. Која од следећих супстанци има молекул чији би модел могао да изгледа као што је приказано на слици 2?

- 1)  $\text{Br}_2$
- 2)  $\text{HBr}$
- 3)  $\text{HCl}$
- 4)  $\text{N}_2$



слика 2.

г) Објасни одговор.

### Summary

*The aim of this research is to examine how students in the eighth grade of elementary school and the first grade of high school interpret the representations of the structure and composition of substances and how successful they are in transforming the representations of one level into another. A total of 193 students participated in the research, 81 students of the eighth grade of elementary school and 112 students of the first grade of high school. According to the aim of the research and research questions, a test was prepared whose requirements referred to different levels of representations related to the structure of atoms, molecules and ions, chemical bonds, pure substances and mixtures. The students in the first grade of high school achieved a statistically significantly better overall achievement on the test compared to the students in the eighth grade of elementary school. The results of the research show that submicroscopic level representations help the eighth-grade students less in understanding the structure of atoms, molecules and ions, as well as the composition of pure substances and mixtures, while the first-grade high school students are more successful in their interpretation. In addition, the research results have shown that there are problems in translating the meaning of one level of representations to another, especially when information is conveyed using submicroscopic-level representations.*

**Keywords:** chemistry, elementary school, high school, representations.