

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

Весна Д. Милановић

**ИСТОРИЈА ХЕМИЈЕ КАО КОНТЕКСТ  
ЗА УЧЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ ПОЈМОВА И  
ИСПИТИВАЊЕ УЧЕНИЧКИХ  
ПОСТИГНУЋА**

докторска дисертација

Београд, 2019

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF CHEMISTRY

Vesna D. Milanovic

**THE HISTORY OF CHEMISTRY AS A  
CONTEXT FOR LEARNING CHEMICAL  
CONCEPTS AND ASSESSING  
STUDENTS' ACHIEVEMENTS**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2019

Ментор:

\_\_\_\_\_

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

Чланови Комисије:

\_\_\_\_\_

Др Филип Бихеловић, доцент  
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

\_\_\_\_\_

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

Датум одбране: \_\_\_\_\_

## *Захвалница*

Ова докторска дисертација је урађена при Катедри за наставу хемије Хемијског факултета Универзитета у Београду под менторством др Драгице Тривић, ванредног професора Хемијског факултета, и резултат је рада на пројекту *Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерациске перспективе* (179048).

На овом месту желим да се захвалим свима који су допринели да ова дисертација буде успешно и квалитетно урађена.

Неизмерну захвалност дугујем в. проф. др Драгици Тривић, ментору, на пренетом знању, идејама, сугестијама и великој помоћи у свим фазама израде дисертације. Посебно хвала драгом ментору на указаном поверењу, подршци, пријатељским саветима и пријатној и подстицајној атмосфери за рад.

Најлепше хвала др Филипу Бихеловићу, доценту Хемијског факултета Универзитета у Београду, што је својим сугестијама и подршком допринео завршетку ове дисертације.

Велико хвала др Ани Пешикан, ванредном професору Филозофског факултета Универзитета у Београду, на свим коментарима и сугестијама, почев од првог сусрета у оквиру предмета на докторским студијама до самог краја израде ове дисертације.

Захваљујем се Јасмини Арсенијевић Мијалковић, професорки енглеског језика Хемијског факултета, на интересовању и помоћи у језичким недоумицама.

Много хвала Маји Матановић и Јовани Тимотијевић на помоћи у припремању фотографија, као и колегиници Катарини Живановић на изузетним цртежима.

Посебно хвала свим ученицима и наставницима који су учествовали у истраживањима.

Хвала мојим драгим пријатељима уз извињење за нека пропуштена дружења.

Хвала Милану на љубави, подршци и помоћи.

И на крају, највеће хвала мојим родитељима, Радмили и Драгомиру, на неизмерној љубави, подршци и разумевању, којима посвећујем ову докторску дисертацију.

*С поштовањем,*

*Весна Д. Милановић*

## Историја хемије као контекст за учење хемијских појмова и испитивање ученичких постигнућа

### Извод

У оквиру дисертације спроведено је шест истраживања. Ефекти примене историје хемије као контекста за учење хемијских појмова и проверавање ученичких постигнућа испитани су у три истраживања, док су предмет три истраживања били ставови ученика и наставника хемије који би могли да се одразе на успешност имплементације историјског контекста у наставу хемије.

Како би се утврдило да ли учење хемије у историјском контексту може да допринесе бољем разумевању хемијских појмова у односу на друге контексте, као што је контекст савременог живота или традиционалне наставе, и да ли садржаји из историје хемије могу бити основа за проверавање разумевања хемијских појмова, 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.

Постигнућа ученика који су учили хемијске појмове у историјском контексту или систематизовали знање, нешто су боља у односу на ученике који нису радили на тај начин, али није утврђена статистички значајна разлика између укупног ефекта примене историјског контекста и контекста који не укључују садржаје из историје хемије за учење и систематизацију хемијских појмова. Међутим, статистички значајно боља постигнућа на појединим задацима финалних тестова ученика који су радили према историјском контексту, могу се повезати са утицајем примењених садржаја из историје хемије. Поред бољих постигнућа на појединим задацима финалних тестирања, резултати су показали да

историјски контекст доприноси бољем сагледавању природе науке и њене карактеристике да је подложна проверавању и промени. Проверавање ученичких постигнућа у историјском контексту показало је да такав контекст може послужити за праћење разумевања ученика и њихове способности да примене информације из историје хемије у савременом контексту (описи огледа у школској лабораторији и ситуације из реалног живота). На основу добијених резултата може се рећи да историјски контекст има потенцијал да унапреди разумевање хемијских појмова и природе науке, као и праксу проверавања ученичких постигнућа.

Применом различитих упитника прикупљени су ставови наставника и ученика о науци, научноистраживачком раду и примени историјског контекста у наставном процесу. Одговори наставника указују да они опажају потенцијалне добити примене историјског контекста за наставу/учење хемије, али да у њиховој пракси тај контекст није довољно заступљен. Ставови ученика осмог разреда основне школе о науци и научноистраживачком раду нису указали на потенцијалне препреке за примену историјског контекста у настави хемије.

На основу резултата свих спроведених истраживања изведене су импликације за наставну праксу и будућа истраживања.

**Кључне речи:** историја хемије, учење у контексту, историјски контекст, учење хемијских појмова, систематизација хемијских појмова, проверавање ученичких постигнућа, наука, природа науке, научноистраживачки рад

Научна област: Хемија

Ужа научна област: Настава хемије

УДК број: 54:37 (043.3)

## **The History of Chemistry as a Context for Learning Chemical Concepts and Assessing Students' Achievements**

### **Abstract**

Six research studies were conducted within this thesis. The effects of using the history of chemistry as a context for learning chemical concepts and assessing students' achievements were explored in three research studies, while the object of the other three research studies was the attitudes of the students and teachers which might influence the success of implementing the historical context in chemical education.

In order to establish whether learning chemistry in the historical context can contribute to better understanding of chemical concepts in comparison to other contexts, such as the context of everyday life or traditional learning, and whether the contents based on the history of chemistry can provide a foundation for the assessment of students' understanding of chemical concepts, the effects of using the historical context were tested in the following situations: the elaboration of a new topic within the lesson *Introduction to Organic Chemistry*, the systematisation (review) of knowledge about *Non-metals, Non-metal Oxides and Acids*, and the assessment of students' understanding of *the Law of Conservation of Mass*. Students attending the eighth grade of primary school participated in the research studies in which the historical context was used for learning and reviewing chemical concepts, while the effects of the historical context in the assessment of students' achievements were evaluated in the research study conducted with students of various ages (the seventh and eighth grade of primary school and the second grade of grammar school). Various text materials, audio recordings and initial and final tests were created for the purpose of these studies.

The achievements of the students who studied or reviewed chemical concepts in the historical context were somewhat better compared to the achievements of the students who studied in other contexts. However, a statistically significant difference between the overall effect of using a historical context and the contexts which do not include contents from the history of chemistry for learning and reviewing chemical concepts was not observed. On the other hand, better results achieved in some items of the final tests by the students who had studied in the historical context which were statistically significant could be associated with the effect of the contents from the history of chemistry. Apart from better results achieved in some items of the final tests,

the results showed that the historical context enabled students to better understand the tentative nature of science. The assessment of students' achievements in the historical context revealed that such a context could be used to monitor students' understanding and their ability to apply the information from the history of chemistry in a contemporary context (the descriptions of experiments in a school laboratory or situations from everyday life). Based on the obtained results it can be concluded that the historical context has a potential to improve both students' understanding of chemical concepts and the nature of science and the practice of the assessment of students' achievements.

Various questionnaires were used to establish teachers' and students' attitudes towards science, scientific research and the application of the historical context in the teaching process. Teachers' answers indicate that they realize the potential advantages of using the historical context in chemical education, but that this context is not used in their practice to a sufficient degree. The attitudes of the students attending the eighth grade of primary school towards science and scientific research did not indicate that there were any potential obstacles to the application of the historical context in chemical education.

The implications for teaching practice and future research have been drawn out based on the conducted research.

**Key words:** history of chemistry, context-based learning, historical context, learning chemical concepts, systematization of chemical concepts, assessment of students' achievements, science, nature of science, scientific research

Scientific field: Chemistry

Specific scientific field: Chemical education

UDK number: 54:37 (043.3)



# Садржај

<b>1. Увод</b> .....	1
1.1. Предмет, циљеви и задаци истраживања .....	5
<b>2. Теоријски део</b> .....	7
2.1. Научна писменост.....	7
2.1.1. Научна писменост у светлу PISA истраживања .....	8
2.1.1.1. Постигнућа ученика из Србије на PISA тестирању .....	10
2.1.2. Хемијска писменост.....	12
2.2. Формирање хемијског знања као компоненте научне писмености.....	14
2.2.1. Заблуде ученика .....	15
2.2.2. Велике идеје .....	20
2.3. Природа науке као компонента научне писмености.....	23
2.3.1. Ставови наставника о науци и њихова виђења природе науке .....	26
2.3.2. Ставови ученика о науци и њихова виђења природе науке .....	30
2.4. Настава/учење науке (хемије) у контексту .....	33
2.4.1. Историјски контекст за учење науке (хемије) и природе науке.....	34
2.4.1.1. Препреке за имплементацију историјског контекста у наставу природних наука (хемије).....	40
2.5. Аргументовање у настави природних наука.....	42
2.6. Проверавање ученичких постигнућа .....	46
2.7. Релације између појмова.....	48
<b>3. Методологија истраживања</b> .....	51
3.1. <i>Прелиминарна истраживања</i> .....	51
3.1.1. Предмет, циљеви и организација прелиминарних истраживања реализованих са наставницима хемије .....	51
3.1.1.1. Испитивање ставова наставника хемије о појединим аспектима природе науке и ставова о примени историјског контекста у настави хемије	52
3.1.1.1.а Узорак истраживања.....	52
3.1.1.1.б Инструмент истраживања.....	56
3.1.1.1.в Анализа података .....	56

3.1.1.2. Испитивање ставова наставника хемије о примени историјског контекста у настави неорганске хемије .....	56
3.1.1.2.a Узорак истраживања.....	57
3.1.1.2.б Инструмент истраживања.....	60
3.1.1.2.в Анализа података.....	60
3.1.2. Предмет, циљ и организација прелиминарног истраживања реализованог са ученицима .....	60
3.1.2.1. Испитивање ставова ученика о науци, научноистраживачком раду и значају научног рада .....	61
3.1.2.1.a Узорак истраживања.....	61
3.1.2.1.б Инструмент истраживања.....	61
3.1.2.1.в Анализа података.....	62
3.2. Главна истраживања.....	62
3.2.1. Предмет, циљ и организација испитивања ефеката учења хемијских појмова у контексту историје хемије .....	62
3.2.1.1. Обрада лекције Увод у органску хемију.....	64
3.2.1.1.a Узорак истраживања.....	64
3.2.1.1.б Процедура истраживања.....	65
3.2.1.1.в Прикупљање и анализа података .....	67
3.2.1.2. Систематизација знања о гасовима .....	71
3.2.1.2.a Узорак истраживања.....	72
3.2.1.2.б Процедура истраживања.....	73
3.2.1.2.в Прикупљање и анализа података .....	75
3.2.2. Предмет, циљ и организација праћења и проверавања ученичких постигнућа базираног на епизодама из историје хемије.....	78
3.2.2.1. Праћење и проверавање ученичких постигнућа у вези са Законом одржања масе.....	78
3.2.2.1.a Узорак истраживања.....	79
3.2.2.1.б Процедура истраживања.....	79
3.2.2.1.в Прикупљање и анализа података .....	80
<b>4. Резултати и дискусија .....</b>	<b>82</b>
4.1. Резултати и дискусија прелиминарних истраживања.....	82
4.1.1. Резултати и дискусија испитивања ставова наставника хемије о појединим аспектима природе науке и ставова о примени историјског контекста у настави хемије .....	82

4.1.1.1. Ставови наставника хемије о појединим карактеристикама природе науке и о важности примене историје и филозофије науке у образовању у области природних наука .....	82
4.1.1.2. Начини на који наставници хемије презентују науку ученицима и тип и фреквенција активности ученика и наставника са потенцијалом да се унапреди разумевање природе науке .....	84
4.1.1.3. Ставови наставника хемије о примени историје хемије у настави хемије за ученичко боље разумевање хемијских концепата.....	86
4.1.1.4. Омиљени научници испитаника .....	94
4.1.2. Резултати и дискусија испитивања ставова наставника хемије о примени историјског контекста у настави неорганске хемије .....	98
4.1.2.1. Ставови наставника хемије о примени садржаја из историје хемије у настави хемије .....	98
4.1.2.2. Ставови наставника хемије о примени садржаја из историје хемије у настави неорганске хемије .....	100
4.1.3. Резултати и дискусија испитивања ставова ученика о науци, научноистраживачком раду и значају научног рада .....	106
4.1.3.1. Ученичка виђења науке, експеримента и главних активности научника у природним и друштвеним наукама .....	106
4.1.3.2. Ставови ученика о значају научног рада за појединца и друштво....	112
4.1.3.3. Научна открића и научници који изазивају дивљење ученика. Афинитет ученика према бављењу научноистраживачким радом .....	114
4.2. Резултати и дискусија главних истраживања .....	122
4.2.1. Резултати и дискусија испитивања ефеката учења лекције Увод у органску хемију у контексту историје хемије .....	122
4.2.1.1. Резултати у вези с првом истраживачком хипотезом.....	122
4.2.1.1.а Дистрибуција укупних резултата на иницијалном и финалном тесту .....	122
4.2.1.1.б Резултати по задатку иницијалног теста .....	123
4.2.1.1.в Анализа аргумената .....	124
4.2.1.1.г Резултати по задатку финалног теста .....	131
4.2.1.1.д Повезаност квалитета аргумената и постигнућа ученика на финалном тесту.....	134
4.2.1.2. Резултати у вези с другом истраживачком хипотезом .....	135
4.2.2. Резултати и дискусија испитивања ефеката систематизације лекција о гасовима у контексту историје хемије .....	137

4.2.3. Резултати и дискусија ефеката проверавања ученичких постигнућа у вези са Законом одржања масе у контексту историје хемије .....	142
4.2.3.1. Предвиђање резултата експеримената .....	144
4.2.3.2. Формулисање објашњења .....	146
4.2.3.3. Формулисање закључака .....	151
4.2.3.4. Повезивање .....	153
4.2.3.5. Подвлачење информација у тексту .....	153
<b>5. Закључак .....</b>	<b>156</b>
5.1. <i>Закључци прелиминарних истраживања</i> .....	156
5.1.1. Закључци прелиминарних истраживања реализованих са наставницима хемије .....	156
5.1.1.1. Закључци о ставовима наставника хемије о појединим аспектима природе науке и ставовима о примени историјског контекста у настави хемије .....	157
5.1.1.2. Закључци о ставовима наставника хемије о примени историјског контекста у настави неорганске хемије .....	159
5.1.2. Закључци прелиминарног истраживања реализованог са ученицима.....	160
5.2. <i>Закључци главних истраживања</i> .....	161
5.2.1. Закључци о ефектима учења лекције Увод у органску хемију у контексту историје хемије .....	161
5.2.2. Закључци о ефектима систематизације лекција о гасовима у контексту историје хемије .....	163
5.2.3. Закључци о ефектима проверавања ученичких постигнућа у вези са Законом одржања масе у контексту историје хемије .....	164
5.3. Импликације за наставну праксу .....	167
5.4. Ограничења истраживања .....	169
<b>6. Литература .....</b>	<b>171</b>
<b>7. Прилози .....</b>	<b>204</b>
Прилог 1 Упитник за наставнике хемије (прво прелиминарно истраживање) ....	204
Прилог 2 Упитник за наставнике хемије (друго прелиминарно истраживање)...	206
Прилог 3 Упитник за ученике .....	209
Прилог 4 Иницијални тест (Увод у органску хемију).....	210
Прилог 5 Текст који су читали ученици обе групе (Увод у органску хемију) .....	212

Прилог 6 Текст на основу кога су снимљени аудио снимци (Увод у органску хемију) .....	214
Прилог 7 Финални тест (Увод у органску хемију).....	215
Прилог 8 Иницијални тест (Систематизација знања о својствима и примени гасова).....	217
Прилог 9 Текст за историјски приступ (Систематизација знања о својствима и примени гасова) .....	218
Прилог 10 Текст за савремени приступ (Систематизација знања о својствима и примени гасова) .....	221
Прилог 11 Финални тест (Систематизација знања о својствима и примени гасова) .....	224
Прилог 12 Кодирање одговора на питања отвореног типа из финалног теста (Систематизација знања о својствима и примени гасова).....	227
Прилог 13 Тест (Закон одржања масе) .....	228
Прилог 14 Принципи кодирања одговора на питања отвореног типа у тесту (Закон одржања масе).....	232
<b>Биографија</b> .....	
<i>Списак радова и саопштења</i> .....	

# 1. Увод

Развој савременог друштва директно је повезан са научно-технолошким развојем који утиче на све сфере живота. С тим у вези, образовање у области природних наука требало би да омогући сваком појединцу стицање знања и вештина неопходних за доношење одлука и решавање проблема који се ослањају на та знања и вештине у свакодневном животу. Исход наставе природних наука требало би да буде развијена научна писменост ученика. О важности научне писмености, која осим знања научних садржаја подразумева и знање о природи науке, говори и то да се она сматра једном од кључних компетенција младих (European Commision, 2007).

Резултати међународног PISA тестирања (*Programme for International Student Assessment*), које се у Србији реализује од 2003. године, показују да је око 35 % наших ученика, узраста 15 година, функционално неписмено у домену научне писмености. Ученици који нису достигли ниво функционалне научне писмености не показују разумевање науке које омогућава доношење одлука и учешће у дискусијама о научним и технолошким питањима у свакодневном, ваншколском животу (Baucal i Pavlović Babić, 2010; Pavlović Babić i Baucal, 2013). Постигнућа наших ученика на PISA тестирању статистички значајно су нижа од просечног постигнућа ученика земаља учесница. Резултати истраживања у којима су испитивана постигнућа ученика из различитих области хемије (Šišović i Voјović, 2001; Milanović-Nahod i sar., 2003; Šišović, 2005; Trivić i sar., 2011), ефекти примене нових приступа за учење хемије (Sisovic and Voјovic, 2000; Sisovic and Voјovic, 2001; Marković i sar., 2006), као и ефекти примене нових начина за проверавање ученичких постигнућа (Šišović i Voјović, 1997; Šišović i sar., 2003) указују на постојање бројних проблема у настави/учењу хемије у нашој средини. Поред тога, резултати испитивања ставова ученика указују да су њима садржаји хемије тешки за разумевање због чега нису мотивисани да их уче (Brković i sar., 1998; Šišović i Voјović, 1999; Adamov i sar., 2008). Узрок томе може бити тај што је учење хемије традиционално недовољно повезано са свакодневним животом, технологијом, друштвом, историјом и филозофијом

науке. Настава хемије која је фокусирана на чињенице не успева да ангажује ученике у активностима и дискусијама корисним за доношење одлука и проналажење решења за релевантне личне или друштвене проблеме (Sjostrom and Talanquer, 2014). У наставној пракси изостаје учење хемијских појмова организовано према великим идејама науке, које може допринети да ученици увиде међусобне везе и односе између појмова, и тако обезбедити основу за дубље и трајније разумевање природних наука. Све ово суочава нас са потребом да се преиспитају наставне праксе у области природних наука, укључујући и хемију.

Специфичности наставе хемије, које се огледају у три нивоа репрезентација у којима се разматрају хемијски појмови (макроскопски, субмикроскопски и симболички ниво), као и употреба језика, избор наставних метода и средстава могу довести до формирања заблуда (*engl. misconceptions*) код ученика, тј. грађења погрешног разумевања током наставног процеса. Идентификација и отклањање ученичких заблуда дуго су предмет истраживања у образовању у области природних наука, али и даље представљају изазов за истраживаче због отпорности заблуда на промену и њихову распрострањеност у различитим научним дисциплинама (Antić, 2007).

Начин на који наставници концептуализују процес наставе и учења одражава се на њихову наставну праксу (Van Driel *et al.*, 1998). Имајући то у виду, формирање научне писмености ученика зависи од компетенција наставника да креирају наставне ситуације у којима ће ученици кроз различите активности моћи да овладају компонентама научне писмености. Међутим, многи наставници традиционално организују наставу на начин како је то учињено у уџбенику (Kennedy, 2014), док је сумативно проверавање и даље најзаступљенији вид праћења и проверавања ученичких постигнућа, који одређује начин на који ученици уче и утиче на њихова постигнућа на међународним тестирањима. Истраживања су показала да наставници често не показују адекватно разумевање природе науке (Irez, 2006), што се даље одражава на ученичко разумевање природе науке и формирање слике о науци и научницима.

Како је стицање научне писмености главни циљ образовања у области природних наука, осим одговарајућих приступа учењу, неопходно је осмислити и

нове начине проверавања којима се испитује да ли је тај циљ остварен. То подразумева учење и проверавање у различитим контекстима. Термин контекст се може дефинисати на више начина, а у оквиру ове дисертације означава ситуације које помажу ученицима да изграде значење хемијских појмова, правила, принципа, закона. Један од контекста који се може користити у настави природних наука јесте историјски контекст, а примена овог контекста за учење хемијских појмова и проверавање ученичких постигнућа у фокусу је ове дисертације. Иако су биографије научника прва асоцијација када је реч о садржајима из историје науке, историјски контекст ставља акценат на садржаје из историје науке у којима је указано на процес конструисања научног знања и улогу појединца (научника) у том процесу. При томе, историјски контекст не подразумева учење садржаја из историје хемије паралелно с учењем хемије, већ садржаји из историје хемије о процесу сазнавања кроз научноистраживачки рад пружају оквир за обраду хемијских садржаја. Такав историјски оквир може подржати грађење разумевања хемијских појмова код ученика.

Иако у литератури постоје бројне препоруке за имплементацију историјског контекста у наставну праксу, ефекат примене овог контекста на разумевање научних концепата испитиван је у малом броју истраживања (Lin, 1998; Seroglou *et al.*, 1998; Sneider and Ohadi, 1998; Galili and Hazan, 2000; Irwin, 2000; Kim and Irving, 2010). Углавном је фокус истраживања која подразумевају примену историјског контекста био на испитивању његовог доприноса разумевању природе науке (Solomon *et al.*, 1992; Solomon *et al.*, 1994; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000a; Irwin, 2000; Galili and Hazan, 2001a; Leach *et al.*, 2003; Faria *et al.*, 2010; Kalman, 2010; Kim and Irving, 2010).

Историјски контекст је у литератури окарактерисан као погодан и за учење научних појмова и за учење о природи науке, тј. за обе компоненте научне писмености. Применом историјског контекста ученици могу да, кроз реконструкцију научних идеја, увиде сличности и разлике између сопствених идеја и идеја које су имали научници у прошлости (Monk and Osborne, 1997) и да, идентификујући се са њима, увиде грешке у сопственом резону (заблуде) и отклоне их. Такође, кроз историјски контекст ученици могу да сагледају бројне аспекте природе науке, од којих је најважнија променљива природа научног



знања. Имплементација садржаја из историје науке у наставни процес омогућава ученицима да увиде да је наука резултат људске делатности, да зависи од расположивих доказа и да је подложна промени.

Упркос томе, наставници се током наставе углавном фокусирају на актуелне теорије и изостављају да укажу како је научно знање конструисано (Giunta, 1998). На тај начин ученици науку доживљавају као скуп чињеница, а научни метод независним од људске делатности (Harlen, 2010). Као најчешћи разлог изостанка историјских садржаја у настави, наставници наводе фокусираност на реализацију обимних програмских садржаја (Nacieminoglu, 2014), који углавном не укључују садржаје из историје науке, док неки наставници садржаје из историје науке не сматрају релевантним за ученике модерног доба.

Како се способност формулисања аргумената сматра једном од вештина коју би требало да развије научно писмена особа, јавља се и потреба за испитивањем који су контексти погодни за развијање способности ученика да успешно партиципирају у процесу аргументовања. Историјски контекст може бити један од њих. Међутим, потенцијал епизода из историје науке за промовисање процеса аргументовања није довољно истражен (Justi and Mendonca, 2016). Такође, мало је и студија које испитују однос између процеса аргументовања и разумевања природе науке (Sadler *et al.*, 2004; Khishfe, 2012; Khishfe, 2014; Archila, 2015).

Генерално гледано, историја повезује различита знања и представља координатни систем у који се та знања смештају, па је због тога погодна и за трансфер знања на ваншколске ситуације (Pešikan, 1996). Како садржаји из историје хемије обликују ученичко даље интелектуално ангажовање у учењу хемије и да ли ученици употребљавају знање о раду научника у новим ситуацијама још увек није довољно истражено. Због тога се ова дисертација и бави применом историје хемије као контекста за учење хемијских појмова.

## 1.1. Предмет, циљеви и задаци 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.

Циљ ове дисертације реализован је кроз извођење три педагошка експеримента. У једном експерименту испитивани су ефекти примене историјског контекста приликом обраде новог градива у оквиру лекције *Увод у органску хемију*, у другом приликом систематизације градива из теме *Неметали, оксиди неметала и киселине*, а у трећем ефекти примене историјског контекста за проверавање ученичких постигнућа у вези са *Законом одржања масе*.

Уверења наставника и ученика у великој мери могу да утичу на имплементацију нових приступа у наставу, тј. представљају предуслов за њихову успешну примену (Rando and Menges, 1991; Mitchell, 1994; Aldahdouh *et al.*, 2018). Да би се извеле јасније импликације за наставну праксу, као припрема за главна истраживања (три педагошка експеримента) изведена су три прелиминарна истраживања чији су предмет били ставови наставника и ученика о науци, научноистраживачком раду и примени историјског контекста у наставном процесу. Узорком два прелиминарна истраживања били су обухваћени наставници хемије, док су у једном прелиминарном истраживању учествовали ученици. Циљ прелиминарних истраживања, реализованих са наставницима, био је да се испитају ставови наставника о појединим аспектима природе науке и њихови ставови према примени садржаја из историје хемије у настави хемије. У једном истраживању су испитивани општи ставови наставника о примени историјског контекста у настави хемије, а у другом ставови о примени овог контекста у настави/учењу неорганске хемије. Циљ прелиминарног истраживања спроведеног са ученицима био је испитивање ставова ученика о науци, научноистраживачком раду и значају научног рада.

На основу постављених циљева прелиминарних и главних истраживања проистекли су следећи **задаци истраживања**:

- 1а.** Преглед литературе о карактеристикама историјског контекста и примени овог контекста у настави природних наука
- 1б.** Преглед литературе о ставовима наставника и ученика о науци, природи науке и примени историјског контекста у настави природних наука
- 1в.** Преглед литературе о заједничким појмовима који се јављају у различитим документима/радовима који се баве образовањем у области природних наука, и улогама историјског контекста у формирању тих појмова код ученика
  
- 2а.** Планирање инструмената прелиминарних истраживања (упитници)
- 2б.** Формирање узорака прелиминарних истраживања
- 2в.** Извођење прелиминарних истраживања
- 2г.** Статистичка обрада прикупљених података у прелиминарним истраживањима
  
- 3а.** Планирање наставних материјала главних истраживања (текстуалних материјала и аудио снимака)
- 3б.** Планирање инструмената главних истраживања (иницијалних и финалних тестова)
- 3в.** Формирање узорака главних истраживања
- 3г.** Извођење главних истраживања
- 3д.** Статистичка обрада прикупљених података у главним истраживањима
  
- 4.** Дискусија добијених резултата у прелиминарним и главним истраживањима
  
- 5.** Извођење закључака и импликација за наставну праксу

## 2. Теоријски део

Научно образовање би требало да омогући сваком појединцу информисано доношење одлука и предузимање одговарајућих активности које доприносе личној добробити, добробити друштва и очувању животне средине (Harlen, 2010). Другим речима, требало би да омогући примену знања и вештина, логичко резонување и закључивање у вези с лично и друштвено релевантним питањима (Rasmussen, 2007; ACS Guidelines, 2012).

Разматрајући документа која настају у оквиру савремених образовних политика, као и научне радове који се односе на образовање у области природних наука, уочавају се заједнички појмови као што су: научна писменост, природа науке, велике идеје, контекстуално учење, аргументовање (на пример: Parchmann *et al.*, 2006; Schwartz, 2006; Jimenez-Aleixandre and Erduran, 2007; Harlen, 2010; ACS Guidelines, 2012; Murphy *et al.*, 2012; Katchevich *et al.*, 2013; Allchin *et al.*, 2014; Sjostrom and Talanquer, 2014; De Jong and Talanquer, 2015; Leyh *et al.*, 2015).

У ком су односу ти појмови и како они обликују процес наставе/учења и праћења и проверавања ученичких постигнућа у области природних наука?

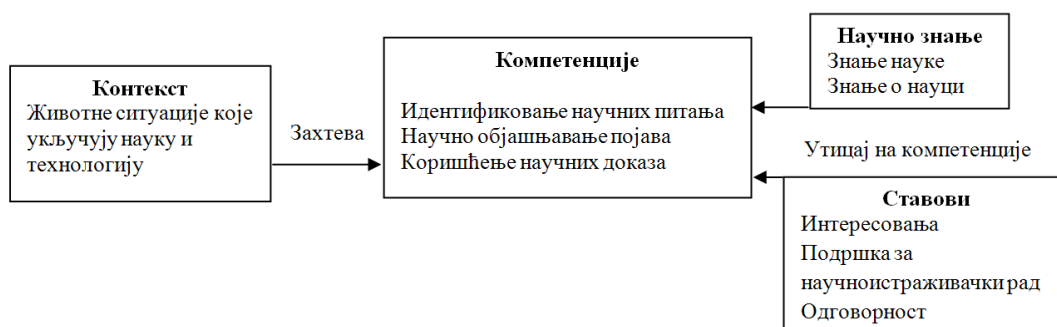
### 2.1. Научна писменост

Термин научна писменост датира од педесетих година 20. века (Singh and Singh, 2016), а стицање научне писмености може се сматрати главним циљем образовања у области природних наука. С обзиром на важност науке и технологије у савременом друштву, научна писменост представља једну од кључних компетенција младих (European Commission, 2007). Формирање научне писмености подразумева стицање научних знања, али и знања о природи науке и процесима креирања научног знања, вредностима тог знања и ограничењима науке (Tolvanen *et al.*, 2014). Сходно томе, образовање које подржава развијање научне писмености не укључује само учење научних концепата и теорија, већ и учење о природи науке и њеној функцији у релацији са другим убеђењима о физичком свету (Eichinger *et al.*, 1997). Међутим, испитивање научне писмености младих, указује на ситуацију која је културолошки алармантна. Велики део

популације младих не разуме основне научне концепте, нити има идеју о томе како природа или технологија функционишу (Rasmussen, 2007; Leyh *et al.*, 2015).

### 2.1.1. Научна писменост у светлу PISA истраживања

Према PISA програму (*The Programme for International Student Assessment*), научна писменост подразумева: поседовање научних знања и њихову примену при идентификовању питања, стицању нових знања, научном објашњавању појава и извођењу закључака о научно релевантним питањима на основу доказа; разумевање природе науке као облика људског сазнања и делатности; свест о начинима на који наука и технологија обликују материјално, друштвено и културно окружење, тј. живот у савременом друштву; спремност на ангажовање у решавању научних питања као одговорног грађанина који поседује идеје науке (OECD, 2013). PISA дефиниција научне писмености састоји се од четири међусобно повезана аспекта: контекста, знања, компетенција и ставова (Слика 2.1). У PISA концепцији контекст подразумева препознавање животних ситуација које обухватају науку и технологију. Аспект знања обухвата знање природних наука (фундаменталних научних концепата и теорија) и знање о науци (разумевање природе науке и научног метода). Дефинисане су три компетенције које се односе на: идентификовање научних питања, научно објашњавање појава и коришћење научних доказа. Ставовима се исказује интересовање за науку, пружање подршке за научноистраживачки рад, мотивисаност и одговорност за, на пример, очување животне средине (OECD, 2013).



Слика 2.1 Повезаност аспеката научне писмености (OECD, 2013)

Постигнућа ученика на PISA тестирањима исказују се на скали постигнућа која је подељена на шест нивоа, а сваки ниво је описан преко вештина и знања која су ученику потребна да би решио задатке тог нивоа захтевности (Табела 2.1).

Скала је стандардизована тако да аритметичка средина износи 500, а стандардна девијација 100 поена (Pavlović Babić i Baucal, 2013).

**Табела 2.1** Опис постигнућа по нивоима на скали научне писмености

<b>Ниво</b>	<b>Опис постигнућа</b>	<b>Минималан број поена</b>
<b>1.</b>	На првом нивоу, ученици имају ограничен обим научних знања која могу да примене на мали број добро познатих ситуација. Они могу да дају научна објашњења која су очигледна и заснована на експлицитно датим подацима.	<b>335</b>
<b>2.</b>	Научна знања са другог нивоа омогућавају ученицима да дају вероватна објашњења у познатом контексту или да изводе закључке на основу једноставних истраживања. У стању су да директно закључују и дословно интерпретирају резултате научних истраживања или решавања технолошких проблема.	<b>409</b>
<b>3.</b>	На трећем нивоу ученици могу да препознају јасно описана научна питања у различитим контекстима. Могу да изаберу одговарајуће чињенице и знања да би објаснили појаве, као и да примене једноставне моделе или истраживачке стратегије. На овом нивоу ученици могу да интерпретирају и користе научне концепте из различитих дисциплина и да их директно примењују. Могу да формулишу кратка тврђења користећи чињенице и да доносе одлуке засноване на научним знањима.	<b>484</b>
<b>4.</b>	На четвртном нивоу, ученици успешно решавају ситуације и питања која се односе на експлицитне појаве и у којима се очекује да увиде значај науке и технологије. Врше избор и међусобно повезују објашњења из различитих научних или технолошких дисциплина и директно повезују ова објашњења са различитим аспектима свакодневних ситуација. На овом нивоу ученици процењују сопствене активности и саопштавају одлуке засноване на научним знањима и подацима.	<b>559</b>
<b>5.</b>	На петом нивоу ученици могу да препознају научне елементе у многим сложеним ситуацијама из живота, да примењују научне концепте и методолошка знања у тим ситуацијама, као и да пореде, издвајају и критички разматрају одговарајуће научне податке да би објаснили ситуације из живота. У стању су да користе добро развијене истраживачке способности, да коректно повезују знања и стичу критичке увиде. Објашњења заснивају на аргументима, а аргументе заснивају на критичкој анализи.	<b>633</b>
<b>6.</b>	На шестом нивоу, ученици доследно могу да препознају, дају објашњења и примењују научна и методолошка знања у широком распону сложених ситуација из живота. Они могу да повезују различите изворе података са објашњењима и да користе доказе из тих извора како би образложили одлуке. Недвосмислено и доследно показују више облике научног мишљења и резонувања и спремни су да користе сопствено разумевање научних проблема да би подржали решења недовољно познатих научних и технолошких ситуација. У стању су да користе научна знања и да развијају аргументе како би оправдали препоруке и одлуке које се односе на личне, друштвене или глобалне ситуације.	<b>708</b>

### 2.1.1.1. Постигнућа ученика из Србије на PISA тестирању

PISA тестирање спроводи се од 1997. године са учесталашћу на сваке три године, а у нашој земљи први пут је реализовано 2003. године. Ученици узраста 15 година који се редовно школују (у нашем образовном систему, то су ученици првог разреда средње школе) чине узорак PISA истраживања.

Када се упореди просечно достигнуће наших ученика на четири циклуса PISA тестирања (Табела 2.2) примећује се да се оно није мењало, или се мењало врло мало (Pavlović Babić i Baucal, 2013). Ученици из Србије нису учествовали у PISA тестирању 2015. године, а резултати недавно завршеног тестирања у 2018. години пружиће увид у актуелно стање научне писмености наших ученика и њихову позицију у поређењу са ученицима истог узраста из осталих земаља учесница овог тестирања.

**Табела 2.2** Постигнути скор ученика из Србије на четири узастопна PISA тестирања у области научне писмености

Година	2003.	2006.	2009.	2012.
Скор	436	436	443	445

Ниво научне писмености петнаестогодишњака из Србије је статистички значајно испод просека достигнућа ученика из OECD земаља, који износи 501 поен. У Србији се око 35 % ученика, тј. сваки трећи, може описати као ученик који није достигао ниво функционалне научне писмености (нису остварена достигнућа на трећем нивоу). Ти ученици не показују ниво разумевања природних наука који омогућава доношење одлука и дискусију о научним и технолошким питањима изван формалног образовања. То значи да сваки трећи петнаестогодишњак, не би био довољно компетентан да разуме изнете аргументе и дискусије које би се водиле у јавности поводом одређених тема (Baucal i Pavlović Babić, 2010; Pavlović Babić i Baucal, 2013). Ученици који су остварили достигнућа описана на првом нивоу имају веома ограничено знање и вештине у области природних наука, и такво знање може бити примењено само у малом броју познатих ситуација. На пример, када се од њих захтева да пруже научно објашњење неког феномена, они су у могућности да то ураде само ако тражено објашњење експлицитно следи из понуђених информација. У Србији је свега око 1 % ученика достигло пети или шести ниво научне писмености, што је

статистички значајно ниже у односу на европски просек који износи око 7 % (Baucal i Pavlović Babić, 2010).

Како би се побољшала научна писменост ученика, потребно је уводити промене у уобичајену наставну праксу природних наука. На основу анализе конструкта научне писмености, Антић и Пешикан (Antić i Pešikan, 2015) дефинисали су пет кључних линија деловања у настави/учењу, неопходних за развој научне писмености, које представљају ослоње у померању праксе наставника од традиционалне наставе ка настави усмереној на ученика. Те линије деловања су: (1) уважавање предзнања ученика; (2) подстицање базичне функционалне писмености ученика и вештине разумевања прочитаног; (3) подршка развоју мишљења ученика; (4) развој разумевања социо-културне перспективе настанка и употребе научних знања и технолошких продуката; (5) практиковање научноистраживачког рада. За све ове линије деловања наставника изузетно је важна позиција језика као најосновнијег семиотичког и симболичког културно потпорног система који је кључан и за разумевање и за конструисање мисли (Antić i Pešikan, 2015).

PISA тестирање се, осим испитивања писмености у домену природних наука, бави и испитивањем читалачке и математичке писмености. Како је у једном од истраживања у оквиру ове дисертације праћено како ученици, на основу информација презентованих у тексту, могу да формулишу одговоре на одређена питања, осврнућемо се укратко и на постигнућа која су наши ученици остварили у домену читалачке писмености на PISA тестирању. У Србији, око 33 % ученика није достигло ниво функционалне писмености у домену читања. То значи да сваки трећи ученик у Србији, узраста 15 година, има тешкоће у разумевању сложенијих текстова, што може представљати препреку за њихово даље образовање (Pavlović Babić i Baucal, 2013). Озбиљност проблема потврђују и истраживачки налази који указују на дугорочну повезаност између способности читања с разумевањем и касније академске ефикасности. Ученици који су на PISA тестирању показали слабији успех у домену читалачке писмености, у већем проценту су напустили школовање и дуже им је требало да дођу до средњошколске дипломе од оних који су били успешнији на PISA тестирању у овом домену (Bussiere *et al.*, 2009). Ниски резултати у домену читалачке



писмености указују на потребу за развијањем вештине разумевања прочитаног. Како би до тог побољшања дошло, током наставе требало би тежити томе да ученик разуме текст који чита, да може да издвоји основну поруку текста као и поједине чињенице, да евалуира различите изворе информација, критички се односи према тексту и препознаје поруке које нису експлицитно дате (Antić i Pešikan, 2015).

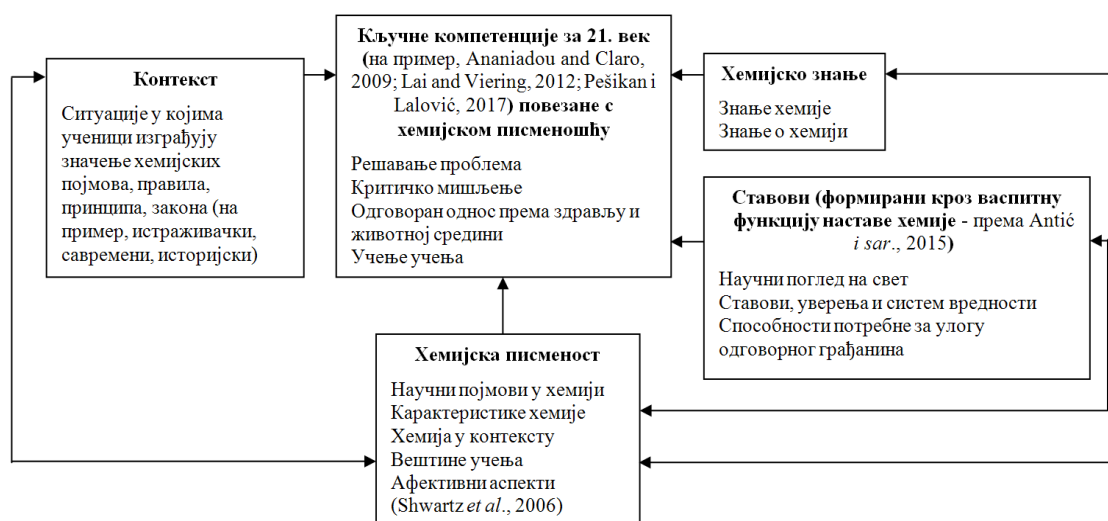
### **2.1.2. Хемијска писменост**

Хемијска писменост је део научне писмености, а њено развијање јесте главни циљ наставе хемије. Како појам научна писменост има више одређења (Antić i Pešikan, 2015; Singh and Singh, 2016), односно не постоји консензус око јединствене дефиниције научне писмености, разумљиво је да постоје и различите дефиниције хемијске писмености. У циљу испитивања усаглашености између концепта хемијске писмености који имају наставници хемије и хемичари који се баве научноистраживачким радом изведено је истраживање у коме су учесници били и једни и други (Shwartz *et al.*, 2006). Иако постоје разлике у погледу хемијских коцепата којима би требало да овлада хемијски писмена особа, и према наставницима и према научницима, хемијска писменост се, као део научне писмености, може дефинисати у оквиру неколико категорија: (1) научни појмови у хемији; (2) карактеристике хемије; (3) хемија у контексту; (4) вештине учења; (5) афективни аспекти. На основу тога, хемијски писмена особа разуме генералне научне идеје; разуме специфичности хемије - да хемија макроскопске феномене објашњава појмовима који се односе на структуру супстанце и да се при томе користи симболички језик; уважава значај хемије за објашњавање својстава и промена супстанци у различитим контекстима; може да покрене питања на које одговоре пружа хемија и да користи различите изворе информација како би дошла до одговора; има позитиван став о утицају развоја хемије на развој друштва и заинтересована је за теме из хемије (Shwartz *et al.*, 2006).

Учење појединачних садржаја хемије требало би да буде усаглашено с формирањем хемијске писмености, односно приликом формулисања циљева учења требало би имати у виду да би њихово остваривање требало да резултује хемијски писменом особом. Неки од показатеља хемијске писмености ученика,

који се могу пратити у настави/учењу хемије, су: свест о томе да хемија утиче на многе аспекте свакодневног живота, тј. да хемија није одвојена од реалног живота; разумевање природе, циљева, метода и ограничења науке; способност хемијског резонувања приликом доношења одлука у вези са свакодневним животом (на пример, одлука о куповини производа на основу хемијског састава); разумевање садржаја у вези с хемијом у медијима (Trivić, 2013).

Хемијска писменост се очекује као резултат наставе и учења хемије, а хемијски писмена особа би требало да има развијене кључне компетенције за 21. век (Rychen and Salganik, 2000; DeSeCo, 2005; Ananiadou and Claro, 2009; P21, 2009; Dede, 2009; Finegold and Notabartolo, 2010; Rotherham and Willingham, 2010; Voogt and Roblin, 2010; Lai and Viering, 2012; OCEA, 2016; Pešikan i Lalović, 2017). Међу тим компетенцијама, настава хемије највише доприноси решавању проблема, критичком мишљењу, одговорном односу према здрављу и животnoj средини, као и учењу учења (Pešikan i Lalović, 2017). Настава хемије има и важну васпитну функцију кроз коју доприноси развијању хемијске писмености ученика. Васпитни циљеви наставе хемије односе се на: (1) формирање научног погледа на свет; (2) формирање ставова, уверења и система вредности и (3) развој способности потребних за улогу одговорног грађанина (Antić *i sar.*, 2015). Повезујући претходно речено о хемијској писмености и четири повезана аспекта научне писмености према PISA дефиницији (контекст, знање, компетенције и ставови), Слика 2.1 је разрађена додавањем кључних компетенција за 21. век и ставова који су резултат деловања васпитног аспекта наставе хемије (Слика 2.2).



Слика 2.2 Аспекти хемијске писмености

Како би појединац успешно доносио одлуке које се тичу личне и друштвене добробити, неопходно је да поседује развијен научни поглед на свет, који му омогућава да одвоји релевантне од нерелевантних информација и да при томе елиминише заблуде и псеудонауку. Систем вредности који је промовисан у оквиру неке дисциплине може да обликује систем вредности ученика, па је стога важно да у наставу хемије буде уграђено питање етике у науци, као и примери који илуструју вредности у научноистраживачком раду које ученици могу да прихвате као сопствене. Како би постали одговорни грађани савременог друштва, способни да доносе одлуке у недовољно структурираним друштвеним ситуацијама које се тичу тема из науке и технологије, ученици би кроз наставу хемије требало да развијају осетљивост о друштвено релевантним темама у вези с хемијом, као и вештине комуникације и тимског рада (Antić *i sar.*, 2015).

## 2.2. Формирање хемијског знања као компоненте научне писмености

Настава/учење хемије подразумева разматрање садржаја хемије на три нивоа: макроскопском (визуелно уочљива својства и промене супстанци), субмикроскопском (структура супстанце на нивоу атома, молекула и јона) и симболичком (представљање супстанци хемијским симболима и формулама, и промена супстанци хемијским једначинама) (Johnstone, 2000). Три нивоа репрезентације хемијског знања могу се представити у облику троугла (Johnstone, 1993), што је илустровано на Слици 2.3. Такав хемијски троугао дуже од две деценије представља водећи теоријски оквир приликом креирања истраживања у хемијском образовању и тумачења добијених резултата.



Слика 2.3 Хемијски троугао (Johnstone, 1993)

Конструисање хемијског знања укључује повезивање разумевања макро, субмикро и симболичког нивоа којим је садржај хемије представљен у настави (Ben-Zvi *et al.*, 1988; Nakhleh, 1992; Gabel, 1999). Другим речима, формирање хемијских појмова захтева менталне процесе којима се повезују опажена својства супстанци са честицама које граде супстанцу и интеракцијама између њих, као и записивање хемијских симбола, формула и једначина. Приликом формирања хемијских појмова јављају се бројни проблеми, а млађим ученицима је посебно тешко да размишљају о структури супстанце и да на субмикроскопском нивоу интерпретирају својства и промене супстанци које макроскопски опажају (Stamovlasis *et al.*, 2015).

Учење језика науке је основа за разумевање природе предмета, научно резонување у одређеној дисциплини и решавање проблема (Cassels and Johnstone, 1984). Учење хемије претпоставља разумевање њеног језика, који обухвата успешно коришћење научних термина и познавање основних појмова, хемијских симбола, формула и једначина; подразумева способност да се ови термини и симболи исправно напишу, прочитају, опишу и користе приликом решавања проблема.

Због свих специфичности наставе хемије неретко се код ученика могу развити заблуде (*engl. misconception*), тј. погрешно разумевање о одређеним појмовима или процесима.

### **2.2.1. Заблуде ученика**

Многи термини, који се могу пронаћи у литератури, као што су пре-концепције, пре-концепти, интуитивне идеје или наивна уверења, заблуде, неразумеваше, интуитивне теорије, алтернативне концепције указују на погрешна виђења ученика о одређеним концептима (на пример: Driver and Easley, 1978; Caramazza *et al.*, 1980; Gilbert and Watts, 1983; Abimbola, 1988; Clement *et al.*, 1989; Nakhleh, 1992; Benson *et al.*, 1993; Garnett *et al.*, 1995; Barke *et al.*, 2009; Taber, 2009; Chang *et al.*, 2010; Taber, 2014). Генерално, заблуде обухватају све ученичке појмове који нису у складу са научним сазнањима (Milenković, 2014) и распрострањене су у различитим предметима (Antić, 2007). Поједини аутори истичу разлику између ученичких идеја развијених без поседовања предзнања

предмета и њих називају алтернативним, оригиналним или пре-концептима, и идеја изазваних неадекватним елементима наставног процеса које називају школским заблудама (Barke *et al.*, 2009, p. 21).

Све заблуде имају неке заједничке карактеристике: (а) у супротности су са научним концептима; (б) постоји тенденција да се исте заблуде често појављују код већег броја ученика; (в) заблуде су врло отпорне на промену, а посебно када је заступљена традиционална настава; (г) неке заблуде понекад укључују алтернативна тврђења која су логички чврсто повезана и која ученици користе на систематичан начин; (д) неке погрешне идеје ученика сличне су оним идејама које су имали научници у прошлости тј. на почетку развоја неке области; (ђ) могу настати као резултат аутоматске обраде језичке структуре без корекције смисла, могу бити последица одређених искустава, која су обично заједничка већем броју појединаца или настају током наставног процеса (Fisher, 1985). Заблуде се према извору (узроку настајања) могу класификовати на: (1) чињеничне заблуде; (2) језичке заблуде; (3) заблуде које настају из предпојмовног знања и (4) социјалне заблуде. Чињеничне заблуде су погрешно научене информације које касније нису провераване; језичке заблуде настају када неке речи имају једно свакодневно значење, а друго значење у настави или у уџбеницима; заблуде које настају из предпојмовног знања обухватају знања, уверења, мишљења, објашњења укоренења у свакодневном искуству, док су социјалне заблуде резултат утицаја различитих социјалних извора (Antić, 2007). Идентификација могућег извора заблуда је важна зато што се ефикасне стратегије у борби против заблуда могу разликовати према њиховом извору (Ozmen, 2004).

Ученици улажу значајан ментални напор приликом формирања сопствених конструкција знања, па је једном створену и усвојену заблуду тешко искоренити и заменити исправним, научним концептом (Milenković, 2014). Ученици не одустају лако од своје здраворазумске и интуитивне слике света у корист апстрактних тумачења која пружају наставници и уџбеници. Због тога би циљ наставе требало да буде креирање наставних ситуација у којима ће ученици процењивати научна објашњења смисленијим од сопствених објашњења, што би требало да доведе до потребе за заменом тумачења и отклањања заблуда (Antić, 2007).

Конструктивистички приступ настави заснива се на претпоставци да се процес учења одвија на основу личне конструкције и реконструкције знања, које настаје као резултат ученичких интеракција с природним и социјалним окружењем у одређеном социокултурном контексту, уз динамичко посредовање њихових претходних знања (Jukić, 2013). Дакле, говорећи о конструктивистичкој природи учења, говоримо о учењу као процесу кроз који се разумевање конструише комбиновањем формалног знања и личног искуства (Pešikan, 2010). Конструктивизам можемо схватити као супротност механичком учењу, што ученику додељује нову улогу у којој он активно гради разумевање кроз интеракцију с новостеченим информацијама и претходним искуствима (Jukić, 2013). Улоге наставника у складу са конструктивистичким приступом се такође разликују од оних које су најзаступљеније у традиционалној настави. Наставник оријентисан ка конструктивизму подстиче и прихвата ученикову самосталност и иницијативу, користи разноврсне наставне материјале и мотивише ученике како да их користе, сагледава учениково разумевање концепата које претходи датом објашњењу и омогућава грађење разумевања кроз решавање отворених задатака, подстиче ученике на дијалог, на постављање отворених питања, конструисање аргумената, обезбеђује време за сарадњу и изградњу међусобних односа (Brooks and Brooks, 1993).

У литератури су заступљена два правца тумачења заблуда: неконструктивистички и конструктивистички. Први правац фаворизује традиционалну наставу у којој се дешава преношење знања са извора знања (наставник, уџбеник) на ученика чије се претходно искуство не узима у обзир. Овај правац заблуде третира као ометајуће факторе и у њима не види корисне импликације за даљу наставну праксу. Други, конструктивистички правац, је заступљенији у тумачењу заблуда. Као што је претходно речено, на учење се, према овом правцу, гледа као на самосталну ученичку конструкцију знања, где се мора узети у обзир полазиште, односно ученичко предзнање. Сходно томе, свако предзнање, било оно слично коректном научном знању у тој области или не, што је случај са заблудама, се прихвата и посматра као једина могућа основа сваког учења (Antić, 2007).

Истраживачка дијагноза заблуда може бити веома корисна за унапређивање наставе хемије, односно активности у учионици и наставних материјала (Ozmen, 2004; Al-Balushi *et al.*, 2012; Šimičić, 2018). Такође, свест о заблудама у вези са одређеним хемијским концептима омогућава боље разумевање когнитивних процеса ученика приликом формирања тих концепата (Al-Balushi *et al.*, 2012).

Многи аутори су се бавили прављењем прегледа заблуда у хемији и њиховом класификацијом према садржају на који се односе. Тако, на пример, у прегледу ауторке Кајнд (Kind, 2004) ученичке заблуде су класификоване у 11 концептуалних области хемије: стања материје; честична теорија; промена стања; разлика између елемената, једињења и смеша; физичке и хемијске промене; хемијске реакције у отвореном и затвореном систему; киселине, базе, неутрализација; стехиометрија; хемијска веза; термодинамика и хемијска равнотежа. У прегледу који су направили Барке и сарадници (Barke *et al.*, 2009) приказане су заблуде у вези са следећим хемијским садржајима: супстанце и својства; честична природа супстанце; однос структуре супстанце и њених својстава; хемијска равнотежа; киселине и базе; редокс реакције; комплексне реакције; енергија. Један од прегледа заблуда према областима хемије и ауторима који су се њима бавили, приказан је у Табели 2.3 (Al-Balushi *et al.*, 2012). Заблуде из приказаног прегледа, које су потврђене истраживањима у оквиру ове дисертације, су болдоване.

**Табела 2.3** Преглед заблуда у хемији (Al-Balushi *et al.*, 2012)

Област/ Заблуде	Аутори
<i>Структура атома</i>	Park and Light, 2009;
- Топлота може променити величину атома, атоми могу бити живи, судар између атома може променити њихову величину и атоми могу бити виђени под микроскопом.	Stefani and Tsaparlis, 2009;
- Опис атомских орбитала:	Taber, 2009
(1) љуска у којој су електрони заробљени; (2) електронски пар; (3) регион који је у сталном кретању где је висока вероватноћа налажења електрона; (4) облак специфичног облика.	
- Атом у ексцитованом стању, где је један електрон премештен из унутрашње љуске како би попунио спољашњу љуску, је стабилнији него исти атом у основном стању.	
<i>Структура једињења</i>	Tan and Treagust, 1999;

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Када вода испарава, разлаже се на молекуле водоника и кисеоника или на атоме водоника и атоме кисеоника.</li> <li>- Структурне јединице јонских једињења, као што је NaCl, су молекули од којих је сваки изграђен од једног атома натријума и једног атома хлора.</li> </ul>	<p>Taber, 2002; Kelly and Jones, 2007; Barke <i>et al.</i>, 2009</p>
<p><i>Хемијска веза</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Поларност молекула је одређена само разликом у електронегативности атома без разматрања облика молекула.</li> <li>- Везе представљају материјалну повезаност, а не привлачну силу.</li> <li>- Електрони се у металу крећу само када проводе топлоту и електрицитет.</li> <li>- Јонска веза се формира само између алкалних метала и халогена.</li> </ul>	<p>Acar and Tarhan, 2008; Dhindsa and Treagust, 2009; Ozmen, 2008; Pabuccu and Geban, 2006</p>
<p><i>Хемијска равнотежа</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Реакција, која се у хемијској једначини представља с лева на десно, је фаворизована када се реакција приближи равнотежи.</li> <li>- Реакција, која се у хемијској једначини представља с лева на десно, завршава се пре него што реакција у другом смеру почне.</li> <li>- Приликом равнотеже концентрација реактаната је једнака концентрацији производа реакције.</li> </ul>	<p>Kousathana and Tsaparlis, 2002; Niaz, 1998</p>
<p><i>Електрохемија</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Електрони могу тећи кроз водене растворе који не садрже јоне.</li> <li>- Електрони улазе у електролит на катоди, померају се кроз електролит и ослобађају се на аноди како би комплетирали циклус.</li> <li>- Само негативно наелектрисани јони узрокују ток струје у електролиту и соном мосту.</li> <li>- Пуњење катодe и аноде је одређено положајем полућелија, независно од типа електролита који је у њима.</li> <li>- Функција соног моста је да обезбеди електроне како би се циклус завршио.</li> </ul>	<p>Acar and Tarhan, 2007; Dindar <i>et al.</i>, 2010</p>
<p><i>Сагоревање</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Након сагоревања маса метала остаје иста, улога кисеоника није узета у обзир.</b></li> <li>- <b>Када се у реакцији сагоревања супстанце, у чврстом или течном агрегатном стању, ослободи гас укупна маса система опада, чак и када је систем затворен.</b></li> <li>- <b>Ако у реакцији две супстанце настаје једна супстанца, онда укупна маса опада.</b></li> </ul>	<p>Chang <i>et al.</i>, 2010; Ozmen and Ayas, 2003</p>
<p><i>Оксидација и редукција</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Када се гвоздени ексер убаци у раствор бакар(II)-сулфата настаје бакарна превлака јер ексер рђа.</li> <li>- Када се гвоздени ексер убаци у раствор бакар(II)-сулфата настаје бакарна превлака јер гвожђе има магнетно својство и привлачи атоме бакра.</li> </ul>	<p>Barke <i>et al.</i>, 2009</p>



### 2.2.2. Велике идеје

Исход традиционалне наставе природних наука, која је фокусирана на чињенице, јесте меморисање пакета научних чињеница без успостављања веза између њих. Таква настава не пружа ученицима целовиту слику науке и не успева да их ангажује у активностима и дискусијама у којима научне идеје могу бити употребљене за доношење одлука и решавање проблема (Rasmussen, 2007; Sjoström and Talanquer, 2014). Да би се овај проблем превазишао, образовање у области природних наука требало би да буде организовано тако да развија сет великих идеја (*engl. big ideas*) које укључују идеје науке о објектима, појавама, супстанцама и односима у природном свету и идеје о науци и улози науке у друштву (Harlen, 2010).

За ученике који, захваљујући способностима меморисања велике количине деконтекстуализованог материјала, остварују добра постигнућа у школи, промене којима се од њих очекује да синтетишу, евалуирају, расуђују и повезују фундаменталне идеје у хемији могу бити превише захтевне. Међутим, модел који заговара велике идеје, трајно разумевање, есенцијално знање и научну праксу могао би у будућности да допринесе побољшању научне писмености (Rushton, 2012).

Идентификоване су две категорије великих идеја, значајних за образовање у области хемије:

(а) контекстуалне велике идеје у дисциплини које могу бити опште и специфичне - указују на хемијско разумевање које је директно релевантно за појединца и друштво;

(б) концептуалне велике идеје - укључују велике идеје хемије и велике идеје о хемији.

Концептуалне идеје обухватају фундаментално разумевање о структури супстанце и њеним својствима, и о природи и пракси хемије. Контекстуалне и концептуалне идеје су међусобно повезане на различите начине. На пример, појединачна контекстуална идеја може обухватати неколико различитих концептуалних идеја, док специфична концептуална идеја може подржавати разумевање неколико контекстуалних идеја (De Jong and Talanquer, 2015). Иако су реформе од осамдесетих година двадесетог века помериле фокус курикулума од

концептуалних ка контекстуалним великим идејама, концептуалне идеје су остале доминантне у хемијском образовању на свим нивоима (Eilks *et al.*, 2013; Talanquer, 2013).

Генерално, едукатори у области хемије препознају предности наставе/учења организоване према великим идејама у припремању ученика за разумевање других хемијских концепата и разумевању хемије као нарочитог пута испитивања природног света. При томе, они већу релевантност дају концептуалним него контекстуалним великим идејама. Са друге стране, ученици су више заинтересовани за учење контекстуалних великих идеја које су директно повезане с њиховим личним искуством (De Jong and Talanquer, 2015).

Централне идеје науке су неопходне за стицање базичних компетенција које служе као градивни блокови за даље и дубље разумевање науке (Talanquer, 2016). Кореспонденција у великим идејама, препознатим у различитим оквирима од стране различитих аутора, указује на снагу ових идеја у расветљавању главних концепата у области хемије (Holme, 2014). У Табели 2.4 приказане су велике идеје из неколико научних чланака и образовних докумената.

**Табела 2.4** Упоредни приказ великих идеја у хемији из неколико извора

---

**Смернице и препоруке Америчког хемијског друштва за наставу хемије у средњој школи (ACS Guidelines, 2012)**

---

1. Очување материје и енергије
2. Својства и промене супстанци
3. Честична природа супстанце
4. Равнотежа и покретачка сила

---

**Институт за испите Америчког хемијског друштва (Murphy *et al.*, 2012)**

---

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Атоми                      | 6. Енергија и термодинамика      |
| 2. Везе                       | 7. Кинетика                      |
| 3. Структура/функција         | 8. Равнотежа                     |
| 4. Међумолекулске интеракције | 9. Експерименти, мерења и подаци |
| 5. Реакције                   | 10. Визуелизација                |

---

**Оквир хемијског курикулума за напредни пласман (College board, 2011 - AP Chemistry Curriculum Framework for 2013-2014)**

---

1. Хемијски елементи су основни изграђивачки материјал супстанце и све супстанце се могу разумети у терминима аранжирања атома. Ови атоми задржавају свој идентитет у хемијским реакцијама.
  2. Хемијска и физичка својства супстанце могу бити објашњена структуром и уређењем атома, јона или молекула и сила између њих.
  3. Промене супстанци укључују реаранжирање и/или реорганизацију атома и/или трансфер електрона.
  4. Брзина хемијских реакција је одређена сударима између честица.
  5. Закони термодинамике описују есенцијалну улогу енергије и објашњавају и предвиђају смер промена супстанци.
-

---

6. Било која веза или међумолекулско привлачење које се може формирати, може бити и раскинуто. Та два процеса су у динамичкој конкуренцији, осетљиви на иницијалне услове и екстерне сметње.

---

**Међународна конференција ECRICE, 2014 (De Jong and Talanquer, 2015)**

---

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 1. Честична природа супстанце               | 7. Везе                  |
| 2. Хемијске реакције                        | 8. Реакциона енергија    |
| 3. Хемијски производи у свакодневном животу | 9. Механизми интеракције |
| 4. Супстанце                                | 10. Хемијска равнотежа   |
| 5. Квантитативна хемија                     | 11. Хемијска кинетика    |
| 6. Релације структуре и својстава           |                          |
- 

Упркос сагласности едукатора о великим идејама у хемији, када се од наставника хемије захтева да наведу неку од великих идеја у хемији, којом би њихови ученици требало да овладају, већина наставника даје опште одговоре, као на пример, да би ученици требало да знају о хемијској вези или да је потребно да разумеју хемијске реакције, уместо да јасно изразе специфично трајно разумевање које желе да њихови ученици развију. Организовање наставе према великим идејама није лак задатак, посебно ако наставници нису никада били изложени размишљању о њима (Talanquer, 2013). Стога, јасно дефинисане велике идеје могу бити од велике помоћи наставницима у планирању активности које воде ка концептуалном разумевању, као и за праћење напретка ученика у учењу (Stains *et al.*, 2011).

Ако су у курикулумима централне идеје наведене у форми дескриптивних исказа, без много указивања на врсту проблема за чије су решавање оне потребне, настава и проверавање се могу свести на пуко усвајање знања, уместо да подрже грађење разумевања кроз примену знања у аутентичним контекстима (Talanquer, 2016). Формулације исхода у наставним програмима такође обликују процес наставе/учења. Уколико су исходи превише уситњени и фокусирани на фрагментирана знања то процес учења усмерава ка усвајању чињеничних знања уместо ка разумевању контекста и развоја одређене идеје. Хемијски курикулум не би требало да буде ограничен само на хемијске концепте, већ би ученици требало да буду суочени с природом хемијске науке и њеним релацијама према другим наукама (ACS Guidelines, 2012). Курикулум би требало да рефлектује како хемичари размишљају и како начин резоновања у хемији може бити употребљен за решавање реалних проблема у многим областима (Talanquer and Pollard, 2010). Овај приступ курикулуму помера пажњу са учења хемије као скупа научних

концепата ка разумевању хемије као начина размишљања, моделовања, доношења одлука, решавања проблема и промовисања дубљег концептуалног разумевања фундаменталних научних идеја.

Извештаји о квалитету наставе и учења природних наука указују да активности у учионици углавном нису повезане са развијањем главних идеја науке код ученика (Rennie *et al.*, 2001; Weiss *et al.*, 2003; Osborne and Dillon, 2008). Из тог разлога је потребно креирати и имплементирати приступе у наставу/учење природних наука који би резултовали развијањем сета великих идеја код ученика. У истраживањима обухваћеним овом дисертацијом предложени су приступи који, у светлу великих идеја описаних у литератури, подржавају развијање идеје о својствима супстанци.

### **2.3. Природа науке као компонента научне писмености**

Промене у образовним документима широм света у последње две деценије укључују померање фокуса са учења научних садржаја ка учењу о природи научног знања и научноистраживачког рада (Justi and Mendonca, 2016). Очекује се да ученици свих узраста, кроз све видове и области образовања, добијају подршку за развој компетенција за целоживотно учење, да се дефинишу мере за промовисање образовања усмереног на компетенције, као и стварање погодног окружења за учење, праћење и вредновање развоја компетенција, уз одговарајућу подршку наставницима. При томе, природа науке се посматра као процес и као начин мишљења, уз наглашавање да је сваком појединцу потребно разумевање научног мишљења ради усвајања информација, података и интерпретација које пружа наука (European Commission, 2018).

Образовање за научну писменост не подразумева само учење научних концепата и теорија, већ и учење о природи тих концепата (Eichinger *et al.*, 1997). У многим курикулумима се међу образовним стандардима експлицитно наводи природа науке (*engl. nature of science*), у наставку ПН, као интегрална компонента научне писмености (Bell and Lederman, 2003; Allchin, 2014). Разумевање природе науке, односно разумевање како наука функционише и критичка процена валидности научних тврдњи има јасну релевантност за доношење одлука на личном и колективном нивоу (Mamluk-Naaman *et al.*, 2005; Giunta, 2014).

Концепт ПН се мењао у научно-образовној заједници: од једноставног разумевања научног метода почетком 20. века, преко укључивања вештина у научне процесе шездесетих година прошлог века, да би се касније увела серија карактеристика научног знања, психолошких и социокултуролошких фактора. Операционална дефиниција ПН коју је дао Лидерман (Lederman, 1992) представља неку врсту консензуса међу едукаторима о томе шта ПН подразумева. Према овој дефиницији, ПН се односи на епистемологију науке, науку као пут сазнавања или вредности и претпоставке нераздвојиве од научног знања и његовог развоја. Кључни аспекти ПН указују да је научно знање: (а) нестално (подложно промени); (б) емпиријски засновано (засновано на посматрању природног света); (в) субјективно (укључује личну позадину научника, предрасуде, и теоријом је оптерећено); (г) укључује људски утицај, машту и креативност (укључујући и инвентивност објашњења); (д) у њега су уграђени социјални и културни аспекти (Lederman, 2007). Два додатна важна аспекта су: (1) разлика између посматрања и закључака, и (2) функције и везе између теорија и закона. Лидерманови ПН аспекти су блиски конструктивистичкој епистемологији уз истицање хумане конструкције, социокултуралне укључености и променљиве природе научног знања.

Учење ПН може се посматрати као континуум на чијој се једној страни налази деконтекстуализована, а са друге стране високо контекстуализована ПН (Clough, 2006). Свака страна континуума има своје предности и ограничења, а за коју страну ће се наставници одлучити зависи од циљева учења које желе да остваре. Уколико је циљ стицање функционалне научне писмености лекције о ПН које су деконтекстуализоване имају ограничену вредност и саме су недовољне за остваривање овог циља.

Истраживачи, који се баве образовањем у области природних наука, препознају три контекстуална приступа кроз које ученици могу да уче ПН: историјске случајеве, савремене случајеве и ученичке истраживачке активности. Ови приступи се могу користити независно, али како сваки од њих има одређене недостатке, најбоље је разматрати могућност њиховог комплементарног коришћења. Такође, потребно је развијање детаљних стратегија за праћење ефикасности сваког од приступа (Allchin, 2014; Allchin *et al.*, 2014). Циљеви који

се могу остварити применом савременог, истраживачког и историјског приступа за учење ПН према Алхину и сарадницима (Allchin *et al.*, 2014) приказани су у Табели 2.5.

**Табела 2.5** Циљеви који се могу остварити применом савременог, истраживачког и историјског приступа за учење ПН према Алхину и сарадницима (Allchin *et al.*, 2014)

Циљеви/приступ	Савремени	Истраживачки	Историјски
Подизање мотивације за учење	+	+	+
Разумевање културолошког, политичког и економског контекста науке	+	-	+
Развијање експерименталних компетенција	-	+	-
Разумевање широке скале карактеристика ПН	-	-	+
Разумевање специфичних карактеристика ПН	+	+	+

Сва три приступа могу подићи мотивацију ученика за учење научних садржаја али на различите начине. Савремени приступ то чини кроз релевантност и актуелност проблема којима се бави, истраживачки кроз лично ангажовање ученика у раду, а историјски кроз сагледавање развоја науке. Савремени и историјски приступ су окарактерисани као приступи који ученицима омогућавају разумевање културолошког, политичког и економског контекста науке, док је истраживачки приступ недвосмислен избор уколико је циљ развијање експерименталних компетенција ученика и разумевања како се до новог знања долази. Сваки од ова три приступа може бити погодан за разумевање специфичних карактеристика ПН, али генерално гледано предност за разумевање широке скале карактеристика ПН дата је историјском приступу.

Учење ПН кроз савремени приступ развија вештине анализирања друштвено-научних проблема и води стицању функционалне научне писмености. Бавећи се друштвено-научним темама ученици у школском контексту вежбају да доносе одлуке пролазећи кроз интраперсоналне и интерперсоналне процесе који су слични процесима кроз које пролазе научници приликом доношења одлука. У тако креираним наставним ситуацијама испољава се и васпитни утицај наставе природних наука (Antić *i sar.*, 2015). Овај приступ је фокусиран на нерешене проблеме и науку у настајању (*engl. science-in-the-making*). Радећи на њима ученици могу постати свесни аспекта науке у настајању, али остају ускраћени да

сагледају аспекте ПН који су повезани са историјским развојем науке или истраживачким активностима (Allchin *et al.*, 2014).

Истраживачке ситуације омогућавају ученицима да кроз лично искуство увиде да наука није настала као последица прикупљених доказа, већ да је активно конструисана од стране истраживача, што укључује његове ставове, систем вредности, као и одговорност. Међутим, врло често се дешава да се приликом планирања и реализације истраживачких активности не укаже довољно на епистемологију науке, па ученици кроз овај приступ само практикују научне активности а њихови погледи на ПН остају наивни (Sandoval, 2005). Тако организован истраживачки приступ не омогућава сагледавање доприноса науке развоју друштва (Allchin *et al.*, 2014). Фокусирањем искључиво на процедуре и вештине овладавања истраживачким радом ученици могу да изгубе из вида контекст у коме се одвијају истраживачке активности, као и смисао и репрекусије самог истраживања. Истраживачке активности које ученици могу реализовати у школској лабораторији далеко су једноставније од процеса релевантних за доношење одлука у улози грађанина и потрошача (Allchin *et al.*, 2014), а трансфер знања које је стечено кроз сопствене активности у лабораторији не дешава се аутоматски (Clough, 2006), што је такође ограничење овог приступа.

Историјски приступ ПН лекцијама премашава недостатке истраживачког приступа, у виду поједностављених ученичких истраживања, и савременог приступа, чију реализацију отежава комплексност и неприступачност савремених случајева. О историјском приступу (контексту), чијом се применом за учење и проверавање ученичких постигнућа и ефектима те примене бави ова дисертација, биће више речено у оквиру одељка 2.4.1.

### **2.3.1. Ставови наставника о науци и њихова виђења природе науке**

Ниво научне писмености друштва и његово унапређивање зависи од наставника природних наука (Irez, 2006). Уверења наставника у вези са наставом/учењем науке и науком уопште, обликују њихову наставну праксу (Van Driel *et al.*, 1998). Наставниково разумевање природе процеса наставе/учења, места и улоге природних наука у образовању, циљева наставе хемије, њеног васпитног потенцијала и доприноса развоју кључних компетенција за 21. век,

одређује његово схватање функције образовања у области хемије, професије наставника и директно се одражава на његову наставну праксу. Другим речима, наставничке концепције и ставови према науци представљају скривени курикулум (Lunn, 2002), па се тако стереотипна слика коју наставници често имају о науци и научницима одражава на наставну праксу (Rosenthal, 1993) и утиче на формирање ставова ученика о науци и научницима (Kahle, 1988). Стога је велика одговорност едукатора наставника природних наука да наставницима током иницијалног образовања и кроз програме професионалног развоја наставника, укажу на стереотипе и подигну свест наставника о утицају стереотипних слика о науци и научницима на заинтересованост ученика за учење научних садржаја, избор професија оријентисаних ка науци (Finson, 2002) и уважавање значаја резултата научноистраживачког рада.

Наставници са позитивистички оријентисаним епистемолошким виђењима (гледите да је научно знање откривено на основу објективног посматрања и експериментисања) током наставе пажњу фокусирају на преношење курикуларних садржаја и проверавање ученичких постигнућа применом тестова, односно заузимају традиционалну, пасивну перспективу о учењу науке. За разлику од њих, наставници са конструктивистички оријентисаним виђењима (гледите да је наука конструисана на основу усаглашене парадигме научника, доказа и преговарања) усмеравају фокус на разумевање и примену научних концепата и посвећују више времена ученичким истраживачким активностима и интерактивној дискусији (Tsai, 2007). У истој студији (Tsai, 2007) испитана је и кохерентност између наставничких и ученичких епистемолошких виђења науке. Добијени резултати указали су да су ученици, чији наставници поседују конструктивистичка епистемолошка виђења, више ангажовани у истраживачким активностима које укључују преговарање, за разлику од оних ученика чији наставници имају позитивистички оријентисана виђења. У вези с тим, важно питање за едукаторе у образовању у области природних наука је како променити позитивистички оријентисана виђења наставника ка конструктивистичким. Аутори Абд-Ел-Калик и Лидерман (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000b) предложили су два главна приступа мењања виђења наставника: (1) имплицитни који се односи на увођење научно базираних истраживачких активности; (2)



експлицитни који подразумева употребу елемената из историје и филозофије науке у наставном процесу. Оно што додатно забрињава је да чак ни наставници који поседују конструктивистичка епистемолошка виђења, ретко експлицитно истичу важност учења природе науке, или указују на релевантне теме кроз које се може учити природа науке (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Tsai, 2007).

Још увек постоји раскорак између реторике образовних политика и праксе у учионици када је реч о имплементацији природе науке у наставу природних наука (Bartholomew *et al.*, 2004). Лимитирано знање садржаја предмета и епистемолошка виђења наставника природних наука могу ометати имплементацију тема из природе науке у наставу, која је традиционално оријентисана ка научним садржајима (Schwartz and Lederman, 2002). Знање природе науке је неопходан, али не и довољан, услов за подучавање природе науке (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000b). Захтев да се током наставе природних наука учи о науци и природи науке је сложен и за његово испуњавање потребно је више од једноставног унапређивања педагошког знања садржаја или знања природе науке. Ефективно учење идеја о науци захтева успостављање контекста у коме је могуће ангажовати ученике у рефлексивном епистемолошком дијалогу. За многе наставнике, који су навикнути на традиционалну наставу, ово захтева померање њихове сопствене улоге од онога ко дели знање ка ономе ко олакшава учење. Такође, захтева и померање њиховог дискурса у учионици ка оном где је заступљен дијалог, као и померање у концепцијама циљева наставе/учења ка циљевима који укључују развијање резоновања и разумевање епистемолошких основа за прихватање науке. При томе је неопходно осмислити активности чија су сврха и вредност транспарентни за ученике и обезбедити им могућности за експлицитно разматрање епистемолошких основа (Bartholomew *et al.*, 2004).

Резултати истраживања спроведених са студентима, будућим наставницима природних наука, као и са наставницима који имају радно искуство у настави, показују да они генерално не поседује адекватне концепте ПН (на пример: Abd-El-Khalick and BouJaude's, 1997; Irez, 2006; Aslan and Tasar, 2013). Наивна уверења наставника о природи науке могу бити резултат њиховог претходног искуства у учењу науке (Irez, 2006). Као што наставници представљају

модел својим ученицима у учионици, тако и едукатори наставника природних наука имају велики утицај на будуће наставнике, јер утичу на то шта они уче и на који начин. Стога је неопходно да едукатори наставника природних наука поседују развијено функционално разумевање ПН (Irez, 2006).

Иако променљивост научног знања представља један од кључних аспеката природе науке, у литератури се могу пронаћи резултати истраживања који указују да наставници природних наука немају развијену свест о овом аспекту природе науке. На пример, у истраживању у коме је учествовало 73 наставника основне школе (Murcia and Schibeci, 1999) већина наставника није истакла променљивост научног знања као аспект природе науке, док је само 22 % њих указало на променљиву природу истраживачких резултата. У светлу ових налаза и претпоставке да наставници не могу да подучавају друге оно што сами не разумеју, истраживачи су усмерили своју пажњу на развијање ефективних стратегија и курикулума како би обезбедили наставницима природних наука разумевање ПН (на пример, Nott and Wellington, 1998; Akerson *et al.*, 2000; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000b). Једно од решења за наставнике из праксе јесу програми стручног усавршавања чији би циљ био унапређивање разумевања природе науке и учење о ефикасним начинима за подучавање природе науке (Nacieminoglu, 2014).

С друге стране, постоје и истраживања чији резултати скрећу пажњу да наставничка виђења о ПН не морају директно да се одражавају на њихову наставну праксу (Lederman, 1999; Aslan and Tasar, 2013; Nacieminoglu, 2014). Тако на пример, чак и када наставник настоји да интегрише природу науке у наставну праксу, постоје бројни фактори који то могу ометати као што су: ограничено време за реализацију наставе, недостатак наставних материјала, преобиман курикулум усмерен на садржаје уместо на процес и исходе учења, неефикасна објашњења аспеката ПН, заблуде, индивидуалне разлике ученика, проблеми у окружењу ученика (Nacieminoglu, 2014). Још један важан фактор јесте језик који наставник користи у настави, а који дубоко одражава његов поглед на науку и утиче на ученичке концепције природе науке (Zeidler and Lederman, 1989). Из тог разлога, наставници би требало да обрате посебну пажњу на бирање одговарајућег

језика како би пренели поруку, избегли формирање заблуда и омогућили слободу изражавања ученичких идеја у учионици (Nacieminoglu, 2014).

### **2.3.2. Ставови ученика о науци и њихова виђења природе науке**

Постоји очигледна контрадикторност између генералних ученичких ставова о науци и ставова према школској науци (Osborne *et al.*, 2003). Школска наука је углавном фрагментирана на различите, неповезане дисциплине и/или презентована у контекстима ограниченог интереса за ученике, што им не пружа кохерентну слику науке. Последица тога је да ученици предмете из области природних наука доживљавају као нерелевантне и стога неупотребљиве у свакодневном животу.

Таква слика се може променити током кратког временског периода уколико се у настави користе реалистични примери научних активности који се баве релевантним питањима (Siegel and Ranney, 2003). Без указивања на релевантност садржаја, одржавање интереса за учење природних наука је тешко, ако не и немогуће (Osborne *et al.*, 2003). Према моделу који су предложили Стукеј и сарадници (Stuckey *et al.*, 2013), могу се разликовати три димензије релевантности у научном образовању: релевантност за појединца, релевантност за друштво и релевантност за професију. Садржај је релевантан за појединца уколико одговара његовим личним интересовањима и пружа му неопходне и корисне вештине за суочавање са свакодневним животом, како у садашњости, тако и у будућности. Димензија друштвене релевантности односи се на формирање одговорног односа ученика према друштву, уз увиђање међузависности и интеракција науке и друштва, развијање вештина за друштвену партиципацију и допринос одрживом развоју друштва. Стручна димензија релевантности састоји се од понуде оријентација за будуће професије, отварајући при томе различите могућности за научне каријере. Ове три димензије су међусобно повезане и делимично се преклапају (Eilks and Hofstein, 2015).

Током последњих деценија интересовање ученика за природне науке, ставови и слика о науци и научницима, као и разлике које се у ученичким перцепцијама јављају у зависности од пола, културе и социо-економског статуса

били су предмет многих истраживања (Christidou, 2011). Овим питањима се баве и међународна истраживања, од којих је једно PISA тестирање.

Ученичке концепције о науци и професији научника су често ограничене, стереотипне и неадекватне. Аутори Мид и Метроу (Mead and Mettraux, 1957) први су покушали да систематично опишу слику о научницима коју имају ученици средњих школа у Америци. Та слика открила је стереотипну и комплексну перцепцију научника као старијег или средовечног мушкарца, који носи мантил, наочаре, има браду, који ради у лабораторији окружен лабораторијским посуђем (епруветама, Бунзеновим пламеником, балонима, реагенс боцама), прави белешке и чита књиге. Слична слика научника откривена је и у каснијим студијама кроз употребу различитих верзија DAST технике (*engl. Draw-A-Scientist-Test*) (на пример, Chambers, 1983; Mason *et al.*, 1991, She, 1998, Turkmen, 2008; Samaras *et al.*, 2012). Таква слика је доминантна међу ученицима различитог узраста (Beardsley and O'Dowd, 1961), националности и културе (Finson, 2002). Истраживања су показала да се слика о научницима и науци разликују код дечака и девојчица. Тако су научници на цртежима дечака мушкарци, док су на цртежима девојчица то жене. За разлику од дечака, девојчице у много већој мери науку опажају као компетитивну, безличну, апстрактну, засновану на правилима и одвојену од маште (Chambers, 1983; Mason *et al.*, 1991; She, 1998; Samaras *et al.*, 2012). Када су перцепције особина научника у питању, ученици типично замишљају научнике као интелектуалне геније посвећене освајању знања из нематеријалних интереса, али и као изоловане и асоцијалне особе (Mead and Mettraux, 1957; Chambers, 1983; Mason *et al.*, 1991).

Стереотипни квалитети ученичких цртежа научника рефлектују дефицит у њиховој научној писмености (Palmer, 1997). Истраживања би требало да помере фокус од потврђивања постојања стереотипне слике науке и научника код ученика ка осмишљавању приступа у настави који би омогућили промену тих стереотипа (Finson, 2002).

Формирању стереотипне слике о науци и научницима доприноси неколико фактора. Круцијални су неадекватни курикулуми, уџбеници који су често направљени као збирка чињеница, и наставници који поседују стереотипна виђења науке. Наведени фактори уз то могу допринети ниском интересовању

ученика за природне науке и њиховим негативним ставовима о науци и научницима. То се нарочито дешава када је настава реализована на деконтекстуализован начин који фаворизује преношење академских знања, одвојено од свакодневног живота (Hausssler and Hoffmann, 2000). Виђења родитеља, вршњака и наставника о науци и научницима утичу на формирање виђења ученика, што доводи до тога да они не бирају каријеру оријентисану ка науци (She, 1998). Такође, стереотипну слику о научницима промовише популарна култура где је научник радник у служби индустрије или државних институција, што се доста разликује од некадашње представе о научнику који мисли слободно упркос друштвено-политичком окружењу и притисцима (Antić i Pešikan, 2015).

Прве асоцијације ученика о научницима везују се за велика имена науке. Тако, ако се од ученика захтева да наведу имена познатих научника, већина наводи имена као што су Ајнштајн, Њутн, Бел, показујући тако недостатак савремених узора (Osborne *et al.*, 2003).

Наивна и неконзистентна уверења наставника о природи науке могу бити пренета на ученике. Узимајући у обзир резултате истраживања који указују да наставници не опажају променљивост научног знања као аспект природе науке (Murcia and Schibeci, 1999), може се наслутити узрок настајања заблуде ученика да се у науци све сазнало и да то заувек важи. Истраживања показују да филозофија примењена од стране наставника има утицаја на ученика, чак ако то и није урађено експлицитно (Irez, 2006). То је разумљиво јер наставници начином на који се односе према свом предмету и према процесу наставе/учења имплицитно пружају ученицима модел интелектуалног рада. Начин на који ученици уче ПН обликује њихове погледе о ПН и доприноси мењању или задржавању уверења које су они имали пре учења. На основу прегледа емпиријских истраживања Денг и сарадници (Deng *et al.*, 2011) су категорисали погледе ученика на природу науке у три теоријска оквира: једнодимензионални, мултидимензионални и аргументативно ресурсни оквир. Погледи о ПН у прва два оквира су представљени као континуум од емпиријске до конструктивистичке перспективе, који обухватају једну или више карактеристика природе науке. Емпиријска страна континуума подразумева да научно знање може бити

откривено кроз посматрање, експериментисање или употребу универзалног научног метода. Конструктивистичка страна подразумева да би научно знање требало посматрати као конструисану променљиву реалност. Димензијски оквири третирају погледе на ПН као сигурне ентитете у мислима ученика и нису фокусирани на улогу контекста што је окарактерисано као њихов недостатак, јер ученици могу изразити различите погледе на ПН у различитим истраживачким питањима. Ограничења димензионалних оквира могу бити превазиђена развијањем контекстуалног аргументативно-ресурсног оквира, у којем ученици користе различите ресурсе аргументације. Овај оквир се више фокусира на то да ли ученици могу на прави начин критички да резонују о научним питањима него да ли могу коректно да изразе сопствене погледе на ПН у складу с аспектима који су препоручени од стране едукатора (Deng *et al.*, 2011).

Ученици који имају конструктивистичке погледе на ПН теже ка конструктивистички оријентисаном учењу, показују боље метакогнитивне способности, резонују и успешни су у конструисању аргумената. Ученици који имају емпиријске погледе на ПН радије употребљавају механичко меморисање при учењу и углавном учење организују према карактеристикама испитивања. Ученици који су били укључени у дискусију, истраживање и историју науке изразили су много више конструктивистички оријентисаних погледа на ПН од оних који су учили на лекцијски организован начин (Deng *et al.*, 2011).

## **2.4. Настава/учење науке (хемије) у контексту**

Учење природних наука у контексту требало би да допринесе постизању главног циља образовања у области природних наука, развијању научне писмености код ученика (Gilbert, 2006). Термин контекст се може дефинисати на више начина, али генерално гледано под контекстом се подразумева примена научног знања и коришћење научних процеса у различитим ситуацијама (Trivić, 2013). У оквиру ове дисертације контекст означава ситуације које помажу ученицима да изграде значење хемијских појмова, правила, принципа, закона. Контекст би требало да омогући ученицима да увиде релевантност и могућу примену онога што уче, као и повезивање новог знања са претходним знањем што обезбеђује успешно учење у складу са конструктивизмом (Parchmann *et al.*, 2006).

Контекстуална педагогија је фокусирана на активности ученика и лабораторијска истраживања, а минимализује традиционалне лекције и готове лабораторијске процедуре (Schwartz, 2006). За разлику од традиционалне наставе, која углавном почиње са научним идејама, а тек касније указује на њихову примену, у контекстуалном учењу примена науке је полазна тачка за развој научних идеја (Bennett *et al.*, 2007).

Контекстуални хемијски курикулум би требало да буде заснован на стварним проблемима и да има важну интердисциплинарну повезаност (Schwartz, 2006). Интердисциплинарност као део контекстуалног приступа је веома важна за решавање једног од често наглашаваних проблема у настави, а то је неповезаност садржаја усвојених у оквиру различитих наставних предмета (Jukić, 2013).

Велики број истраживања је спроведен како би се проверили ефекти примене контекстуалног приступа у настави природних наука (Putica and Trivic, 2016). Истраживачки налази указују да контекстуални приступ настави/учењу, као и проверавању ученичких постигнућа може резултовати побољшањем ученичких ставова ка науци, стимулирати њихово интересовање за науку и обезбедити разумевање научних садржаја које је базично за даље учење (Ramsden, 1997; Potter and Overton, 2006; Bennett *et al.*, 2007; Mandler *et al.*, 2012; Vaino *et al.*, 2012; Broman and Parchmann, 2014; Cigdemoglu and Geban, 2015). Иако је контекст у коме се уче природне науке моћан предиктор ученичког интересовања (Christidou, 2011), контекстуални приступ и даље представља изазов и за креаторе курикулума и за наставнике.

#### ***2.4.1. Историјски контекст за учење науке (хемије) и природе науке***

Историја није обичан скуп прича о прошлим догађајима или списак промена које су се дешавале, већ увиђање разлога због којих су се те промене десиле на свој начин. Да би схватио догађаје који су се десили у прошлости, ученик мора да их оживи у свом уму. Кроз оживљавање историјских догађаја активира се критичко мишљење, формира суд о њиховој вредности и коригују грешке које се у њима уоче (Pešikan, 1996).

Историја показује сарадњу као нужан услов опстанка, јер у историји нико сам ништа није урадио. Човек је у свом развоју увек зависио од других и само ослањајући се на претходне генерација успевао је да створи нешто ново (Pešikan, 1996). Наука, а и читава цивилизација, серија је постепених напредовања, која се ослањају на претходнике. То илуструју и речи из писма Исака Њутна (Isaac Newton) упућене Роберту Хуку (Robert Hooke) 1676. године: „Ако сам видео даље од других, то је стога што сам стајао на плећима дивова.“ (Hawking, 2002). Учењем историје ученик увиђа да се друштво стално мења и да те промене нису настајале случајно већ да су биле условљене човековим начином живота, његовим активностима и потребама (Pešikan, 1996). На тај начин се може елиминисати заблуда ученика да су научна открића настала као самостални продукти генијалних појединаца.

Посматрање науке из историјске перспективе је вишеструко корисно и за едукаторе и за ученике. Историја науке омогућава сагледавање пута од настајања, преиспитивања и мењања научних сазнања до њиховог прихватања и укључивања у уџбенике (Giunta, 2014). Поред сагледавања проблема научника у прошлости у разумевању централних концепата и великих идеја у дисциплини, које су честе и данас код ученика, историја науке помаже и у уочавању филозофских гледишта која вековима воде рад научника (Talanquer, 2013). Аргументи за укључивање историјских садржаја у курикулуме дају тим садржајима суштинску вредност у: (1) промовисању бољег слагања научних концепата и метода; (2) илустровању важности индивидуалног мишљења и креативности у развоју науке; (3) разумевању природе науке; (4) конкурисању догматском погледу на науку који се често проналази у популарним текстовима; (5) хуманизовању природе науке што је чини мање апстрактном и више ангажујућом за ученике; (6) указивању на повезаност између научних дисциплина (Rasmussen, 2007). Поред овладавања историјским чињеницама, учење историје омогућава ученицима да развијају појмове другог реда који се не могу развити на садржајима другачије епистемолошке природе. То су разумевање: историјског времена и простора, историјских извора, хронологије, континуитета и промене, узрочно-последичних односа (Pešikan, 1996).



Став експерата о употреби историје и филозофије науке у настави природних наука је да презентовање прича о концептуалним револуцијама може довести до концептуалних промена код ученика и високо ефикасне наставе (Galilli and Hazan, 2001b). Пружање простора садржајима из историје науке у настави природних наука олакшава разумевање научних концепата и метода и доприноси развијању критичког мишљења (Matthews, 1994). Употреба историјског приступа за учење научних концепата може да подупре развијање логичког резоновања ученика, откривајући смисао научних тврђења кроз реконструисање научних идеја (Rasmussen, 2007).

Употреба историје науке у настави природних наука може помоћи ученицима да разумеју да је научноистраживачки рад персонализована активност и да има етичку, културалну и политичку конотацију (Matthews, 1989). Садржаји из историје науке у наставном процесу омогућавају ученику да сагледа еволуцију науке кроз векове, историјске кораке у настајању научног знања, прогресију идеја, животне приче научника и тешкоће са којима су се научници суочавали у животу и раду. То може развити емпатију ученика према научницима који су својим открићима допринели разумевању природе, мотивисати их за учење природних наука и помоћи им да разумеју научноистраживачки рад (Wieder, 2006).

Генерално гледано, примена историјског приступа подржава развијање неколико кључних компетенција за 21. век, почев од оних које се односе на способност заузимања перспективе другог и разумевања туђе позиције уз развијање емпатије, до оних које подразумевају критичко мишљење, решавање проблема и учења учења (Pešikan i Lalović, 2017).

Фокус историјских случајева није само на приказу историјских личности које би могле да служе као узор, на причама о добро познатим открићима, на реконструкцијама кроз које се идеализује наука према унапред одређеној методологији, већ је фокус на науци као процесу (Giunta, 1998; Allchin *et al.*, 2014). На тај начин се избегава проблем са анегдотско-биографским приступом кроз који, ако није правилно постављен, ученици могу да добију неадекватну слику историјског тока и развоја, да гледају на историју као на производ воље и особина личности, уместо да имају свест о томе да су личности производи

одређених околности и друштвених захтева, и да је сплет одређених услова довео до њиховог деловања а не њихове личне особине (Pešikan, 1996).

Ученици могу постићи шире свеукупно разумевање природе науке уколико им је омогућено да уче о научним открићима из историјске перспективе (Olsson *et al.*, 2015). Природа, потенцијали и ограничења научноистраживачког рада могу се боље разумети на основу увида у то како научници постављају питања, прикупљају податке, долазе до резултата и о њима дискутују (Harlen, 2010). Најзначајнији аспект ПН који се учи кроз историју науке јесте да је у науци све подложно преиспитивању, односно да је научно знање подложно промени (Harlen, 2010; Allchin *et al.*, 2014). Овај аспект ПН представља централну компоненту циљева ПН више од пола века, па је и улога историјских епизода за остваривање таквих циљева од великог значаја. Кроз историју науке постоје многи примери како се наука мењала. Са ове временске дистанце, неки докази који су довели до одбацивања одређених теорија и успостављања нових изгледају очигледно, али у времену када су се појавили они су представљали скок креативног мишљења у односу на полазну тачку (Harlen, 2010).

Осим променљивости научног знања, кроз историјски приступ учењу ПН може се сагледати широк спектар карактеристика ПН и илустровати улоге: критике и дебате, теоријских предрасуда, културолошке и биографске перспективе, когнитивних предрасуда, мотивације, случајности или шансе, сарадње, интердисциплинарне повезаности, проналазака, експертизе и кредибилитета, сукоба интереса. То може обликовати грађанско или потрошачко процењивање поузданости научних тврђења изнетих у јавности (Allchin *et al.*, 2014) и помоћи у расуђивању о неким спорним питањима савремене науке (Giunta, 2014).

Када је реч о историјском приступу учењу научних концепата и природе науке, у литератури се могу наћи различити начини за примену овог приступа у настави науке. Тако, на пример, Стинер и сарадници (Stinner *et al.*, 2003) издвајају шест начина увођења историје науке у наставу, који подразумевају употребу: конфронтација, дијалога, драма, вињета, студија случаја и тематских наратива. Репликација историјских експеримената такође је један од начина за примену историјског приступа (Allchin *et al.*, 1999; Hottecke, 2000). Многи истраживачи су

користили приступ причања прича у научном образовању (на пример, Folino, 2001; Clough, 2011; Wiebe and Stinner, 2010) и показали да употреба прича поспешује концептуално разумевање и боље опажање природе науке код ученика (Erduran and Rabucsu, 2015). Приче из историје науке могу помоћи у разјашњавању различитих аспеката научног истраживања, у разумевању хуманог аспекта науке и улоге коју наука има у развијању различитих култура (Folino, 2000; Paixao and Cachapuz, 2000). Толванен и сарадници (Tolvanen *et al.*, 2014) су наративе, према њиховом фокусу, поделили на оне који се баве: (1) научним процесима; (2) концептима, садржајем и моделима; и (3) личном историјом. Конфликт је један од најчешћих наративних структура приче. У научним наративима протагониста је обично један научник, док су противници један или више научника или друштвене институције (Tolvanen *et al.*, 2014).

Погрешно расуђивање пратило је и рад научника, а често се превиђа да нешто што је данас потпуно јасно и научно прихватљиво, код младих у процесу учења може изазвати исте дилеме и стварати им заблуде које су имали научници када су се суочавали с одређеним феноменима (Trivić, 2013). Историјски приступ учењу науке може бити организован тако да омогућава ученицима да увиде сличности између сопствених идеја и идеја које су имали научници у прошлости (Monk and Osborne, 1997). У историјски осмишљеним истраживањима ученици могу заузети позицију научника из прошлости и на тај начин искусити његове грешке. При томе, позиција ученика, за разлику од позиције научника, није оптерећена неуспехом и те грешке могу бити анализирани са веће критичке дистанце (Allchin, 2014). Предочавањем ученицима да су направили исту врсту грешке као и научници из прошлости, они могу увидети да сви имају право на грешку и да је због могућности грешке као резултата мисаоног процеса важно преиспитивање тог процеса. Такве ситуације пружају важну васпитну поруку за ученике.

Бројна истраживања су спроведена како би се испитали ефекти примене историје науке у настави природних наука. У Табели 2.6 дат је преглед истраживања у којима је показан позитиван и негативан утицај, или изостанак утицаја примене историје науке на разумевање научних концепата и природе науке, као и на ставове и мотивацију ученика приликом таквог начина рада.

**Табела 2.6** Преглед литературе о позитивним и негативним утицајима, или о изостанку утицаја примене историје науке у настави природних наука

<b>Историја науке у настави природних наука</b>	<b>Позитиван ефекат</b>	<b>Негативан ефекат или без ефекта</b>
Обезбеђује дубље разумевање научних концепата у поређењу са другим контекстом	Galili and Hazan, 2000; Lin, 1998; Seroglou <i>et al.</i> , 1998; Sneider and Ohadi, 1998	Irwin, 2000; Kim and Irving, 2010
Обезбеђује разумевање природе науке	Galili and Hazan, 2001a; Faria <i>et al.</i> , 2012; Irwin, 2000; Kalman, 2010; Kim and Irving, 2010; Solomon <i>et al.</i> , 1992; Solomon <i>et al.</i> , 1994	Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Leach <i>et al.</i> , 2003
Охрабрује учење базирано на грешкама у научном резонувању	Allchin, 2012; Dedes, 2005; Giunta, 2001; Kipnis, 2011.	-
Има потенцијал да мотивише ученике да уче природне науке и развију позитиван став о науци	Dibattista and Morgese, 2013; Faria <i>et al.</i> , 2012; Mamlok-Naaman <i>et al.</i> , 2005; Zaragoza and Fernández-Novell, 2003	-

Учење хемијских садржаја кроз историју хемије омогућава формирање слике о развоју науке, што може повећати мотивацију за учење (Zaragoza and Fernández-Novell, 2003), унапредити способност решавања проблемских задатака и допринети развијању позитивног става према хемији и код оних ученика који нису примарно оријентисани ка природним наукама (Lin, 1998; Mamlok-Naaman *et al.*, 2005). Ученици са ниским постигнућима могу бити под већим утицајем историјског приступа учењу хемије што се одражава на побољшање њихових резултата (Lin, 1998). Са друге стране, резултати поједних истраживања указују да нема разлике у разумевању садржаја савремене науке између ученика који су током учења били изложени садржајима из историје хемије и оних који то нису (Irwin, 2000).

Увођењем историјског приступа, као једног од могућих приступа за обраду неких од хемијских концепата, хемија може бити хуманизована, персонализована и стога учињена много реалистичнијом и применљивијом за ученике. Ако је историја хемије игнорисана, ризик да ученици могу формирати погрешне импресије о хемији као ригидној, неосетљивој и увек коректној науци постаје много већи (Herron, 1977; Irwin, 2000). Историја хемије може помоћи ученицима да хемију виде као динамичну уместо статичну науку (Kauffman, 1987).

Кроз наставу хемије, важно је омогућити ученицима да развију позитивне перцепције о хемији и да успоставе релације између хемије и свакодневног живота (Kubiak, 2015). Сагледавање историјског развоја хемије и ефеката хемије на појединца, друштво и научну заједницу има потенцијала да утиче на перцепције појединца о хемији и хемичарима и повећа интересовање за учење научних садржаја (Solbes and Traver, 2003). Повезивање открића у хемији из прошлости са широким спектром производа који се данас уобичајено употребљавају, а настали су захваљујући управо тим открићима, доприноси постизању позитивних ефеката у настави хемије (Stock, 2004; Samet and Higgins, 2005).

#### ***2.4.1.1. Препреке за имплементацију историјског контекста у наставу природних наука (хемије)***

Иако наука није статична и теорије зависе од расположивих доказа, начин презентовања научних садржаја често ученицима оставља утисак да је наука скуп чињеница и теорија које увек важе, а научни метод процес независан од људске делатности (Harlen, 2010). Ученици кроз историју науке могу да уоче прогресију идеја, одбацивање првобитних теорија или чешће, њихово интегрисање у нове, модерније, теорије. Међутим, током наставе наставници се најчешће фокусирају на актуелне теорије, идеје и законе, и изостављају да укажу на то како су оне успостављене. Последица тога је да ученици не сагледавају велику слику науке већ меморишу пакете научних чињеница без уочавања и разумевања веза између њих (Giunta, 1998).

Учење у историјском контексту представља посебан изазов, јер би ученицима модерног доба требало указати на релевантност открића из претходних векова. Ученици често имају тешкоће да разумеју историјска

дешавања, да их повежу са савременим светом и да из перспективе данашњице интерпретирају и уважавају напоре научника из прошлости (Guneу and Seker, 2012). Многи ученици имају развијене алтернативне концепте о томе како је хемијско знање генерисано и стога наставници хемије, као и њихови едукатори, морају бити вешти у коришћењу садржаја из историје хемије у циљу превазилажења таквих концепата (Olsson *et al.*, 2015).

За ефикасну имплементацију историјског приступа у наставу хемије потребни су наставници ентузијастички који ће се осећати сигурно и пријатно при извођењу наставе која подразумева овај приступ (Herron, 1977). Наставници хемије би требало да рефлектују природу хемијског знања и праксе, а таква рефлексивна захтева знање о историји и филозофији науке, као и критичко разумевање различитих контекста у којима се научно знање развија и примењује (Sjostrom and Talanquer, 2014). Резултати истраживања које су спровели Сендур и сарадници (Sendur *et al.*, 2017), у коме је учествовало 38 будућих наставника хемије, указују да курс историје и филозофије хемије може помоћи будућим наставницима хемије у исправном перципирању хемије и хемичара. Већина студената је, након похађања овог курса, била способна да направи рефлексивну на сопствене неадекватне перцепције природе хемијског знања и професије хемичара које су имали пре похађања курса. Ови резултати указују на важност укључености курсева из историје и филозофије науке у курукулуме иницијалног образовања наставника природних наука.

Иако је током последњих деценија расла свест о важности историје науке у настави природних наука, и даље постоји велики отпор ствараоца курикулума и наставника према имплементацији садржаја из историје науке у наставне програме и редовну наставну праксу. Као најчешћи разлог противљења наводи се кратко доступно време за обраду информација, којих је у складу са развојем науке и технике сваког дана све више, па тако превладава тенденција да се време посвети разматрању научних концепата, без осврта на развој науке кроз историју (Cortes, 1992; Giunta, 2014; Nacieminoglu, 2014). Поред тога, наставници сматрају да подучавање ученика модерног доба архаичним симболима и одбаченим теоријама из прошлости представља губљење времена.

Како историјски садржаји нису укључени у курикулуме, ауторима уџбеника је остављен избор додавања или изостављања тих садржаја приликом креирања уџбеника. Тако уџбеници хемије често запостављају садржаје из историје хемије, а чак и када се информације из историје хемије нађу у уџбеницима углавном су то кратке биографије научника и/или њихове фотографије (Zaragoza and Fernandez-Novell, 2003).

## 2.5. Аргументовање у настави природних наука

Аргументовано дискутовање се налази међу вештинама које чине научну писменост (Zeidler and Keefer, 2003), па је тако развијање способности ученика за формулисање аргумената, резоновање и критичко мишљење у научном контексту један од циљева научног образовања (Katchevich *et al.*, 2013). Научна аргументација је саставни део науке и важна је за образовну праксу (Driver *et al.*, 2000; Erduran, 2007; Jimenez-Aleixandre and Erduran, 2007; Katchevich *et al.*, 2013). Научни аргументи пружају оправдања за прихватање научног погледа на свет (Osborne *et al.*, 2004). Аргументација се може разумети као социјално смештена активност у којој појединци продукују и оправдавају тврђења емпиријским или теоријским доказима (Toulmin, 1958; Kuhn, 1991).

У литератури се може наћи више дефиниција аргумента, али се најчешће користи дефиниција коју је предложио Тоулмин (Toulmin, 1958). Он је дефинисао аргумент као тврђење и његово пратеће оправдање. Према његовом моделу, који је касније послужио као методолошки оквир у бројним истраживањима, елементи аргумента су тврђење, подаци, гаранција, подршка, квалификатори и побијање (*engl. claims, data, warrants, backings, qualifiers, rebuttals*). Тврђење представља првобитно изнети предлог, став или виђење онога ко конструише аргумент. Затим је тврђење подржано подацима који гарантују исправност тог тврђења (гаранција представља везу између тврђења и података, односно пружа разлог зашто би тврђење требало да буде прихваћено). Додатна образложења изнетог тврђења, која су често теоријске природе представљају подршку гаранције. Некада делови тврђења могу бити доведени у питање у форми побијања. У анализи побијања, може се утврдити да тврђење није истинито и онда се говори о квалификаторима оригиналних тврдњи (квалификатори указују на ограничења тврђења, односно

указују у којим условима је тврђење валидно). Није неопходно да сваки аргумент садржи свих шест описаних компонената (Toulmin, 1958), али квалитет структуре аргумента расте са повећањем броја компонената. Прилагођен Тоулминов модел се често користи и приликом евалуације научних објашњења зато што структура научног објашњења и структура аргумента могу укључивати неке исте компоненте као што су тврђење, докази и резоновање (McNeill *et al.*, 2006). Међутим, главна разлика између објашњења и аргумента је та што објашњење указује како или зашто се нешто десило (Chinn and Brown, 2000), док се продуковање аргумената сматра друштвеном активношћу усмереном на оправдавање одређене тачке гледишта.

На основу форме изражавања научно аргументовање се може класификовати на писано и усмено. Писана аргументација, осим научног знања, захтева развијену способност читања и писања, познавање вокабулара, граматике, реторике, организацију, евалуацију и критички однос (Deng and Wang, 2017). Ученик који је способан да продукује квалитетан усмени аргумент не мора бити у стању да продукује писани аргумент једнаког квалитета (Pabucci and Erduran, 2016).

Пораст броја истраживања у последње две деценије у вези с увођењем аргументације у наставу науке указује на повећано интересовање за ову тему у односу на период пре 2000. године (Erduran *et al.*, 2015). Међу научном заједницом постоји консензус да развијање аргументације у настави науке подржава: (1) учење научних концепата; (2) разумевање како се наука одвија; (3) разумевање саме науке (Justi and Mendonca, 2016). Приликом учења научних појмова, конструисање аргумената се може користити за отклањање заблуда ученика јер настава заснована на аргументима захтева да ученици пореде могућа решења и преиспитују сопствено разумевање (Cooper and Oliver-Hoyo, 2016; Deng and Wang, 2017). Аргументовање је пример епистемолошке праксе у науци (Pabucci and Erduran, 2016) и укључено је у развој, валидацију и дисеминацију научног знања (Ryu and Sandoval, 2012). У процесу аргументовања ученици могу да разумеју важност доказа и оправдања у креирању и одбрани научних објашњења (Berland and Reiser, 2009). Кроз аргументовање ученици се оснажују да сакупљају, интерпретирају и вреднују доказе за тврђења које конструишу. На



тај начин пролазе етапе које пролазе и научници у процесу научноистраживачког рада (Pabuccu and Erduran, 2016). Учествовање у аргументацији има вишеструку корист за ученике, јер се кроз њу подржава: (а) приступ когнитивним и метакогнитивним процесима карактеристичним за експерте који представљају модел за ученике; (б) развој вештина комуникације и критичког мишљења; (в) стицање научне писмености и способности да се говори и пише језиком науке; (г) постепено укључивање у праксу научне културе и развијање епистемолошких критеријума за евалуацију знања; (д) развијање резоновања, прављење избора теорије или позиције засновано на рационалним критеријумима (Jimenez-Aleixandre and Erduran, 2007).

Све више пажње је посвећено евалуацији студентских компетенција у научном аргументовању (на пример, Kelly and Takao, 2002; Kuhn and Udell, 2003; Osborne *et al.*, 2004; Sandoval and Millwood, 2005; Sampson *et al.*, 2011; Sampson and Clark, 2011; Ryu and Sandoval, 2012; Mendonca and Justi, 2014). За анализу квалитета аргумената могу се користити различити аргументативни оквири (Duschl, 2007). Квалитет аргумената повезан је с разумевањем дисциплине у оквиру које се аргументовање изводи (Kelly and Takao, 2002; Takao *et al.*, 2002; Sandoval and Millwood, 2005). Лоша аргументација не мора нужно бити резултат недостатка вештина за аргументовање, већ може бити резултат недовољног разумевања научних концепата (Sampson and Clark, 2011; Pabuccu and Erduran, 2016). Концептуално разумевање доприноси формулисању аргумената високог квалитета (von Aufschnaiter *et al.*, 2008; Mendonca and Justi, 2014). Примећено је да студенти конструишу слабије аргументе када им је тема нова него када им је тема блиска и сматрају је релевантном (Abi-El-Mona and Abd-El-Khalick, 2006). Рад са текстуалним материјалом, у коме су презентовани научни концепти чије је познавање неопходно за конструисање аргумената, пре извођења активности аргументовања, једна је од препорука за превазилажење недостатка предзнања ученика приликом формулисања аргумената (Faize *et al.*, 2018).

Иако је аргументација у научном образовању била предмет многих истраживања, дизајнирање средине за учење која промовише аргументацију још увек представља изазов на свим нивоима образовања (Pabuccu and Erduran, 2016). Генерално, могу се издвојити четири врсте тешкоћа на које ученици наилазе

приликом аргуменовања, а које су повезане са: (1) препознавањем значења или циљева аргументације; (2) разумевањем и употребом доказа да би се подржало тврђење; (3) резонувањем у повезивању доказа и тврђења; (4) неприхватању побијања аргумената (Deng and Wang, 2017). Да би побољшали способност ученика да конструишу научне аргументе важно је да наставници у пракси истичу вредност аргуменовања, презентују примере добрих аргумената (Deng and Wang, 2017) и експлицитно уче студенте аргуменовању (Berland and Reiser, 2011; Christodoulou and Osborne, 2014; Khishfe, 2014). Оваква подршка потребна је и младима на универзитетском нивоу образовања (Cooper and Oliver-Hoyo, 2016).

Једна од главних баријера за развијање вештина научног аргуменовања код младих јесте недостатак прилика за ту врсту активности на редовним часовима природних наука (Driver *et al.*, 2000). Да би ученици изводили активности аргуменовања, потребно је да наставници буду вешти у креирању наставних ситуација које изазивају такве активности и да разумеју њихов значај за развијање научне писмености. Зато је у образовање наставника природних наука неопходно уградити дискусију о добитима аргуменовања и охрабрити их да продукују наставне материјале и стратегије које промовишу аргументацију и користе их у сопственој пракси (Simon *et al.*, 2006; Justi and Mendonca, 2016). Употреба таквих материјала у редовној настави могла би да допринесе развоју научне писмености код младих, који ће бити способни да доносе одлуке засноване на доказима уз примену научног знања (Pabuccu and Erduran, 2016).

Епизоде из историје науке могу бити једна од стратегија за учење аргуменовања (Zemplen, 2011; Archila, 2015; Erduran and Pabuccu, 2015), али потенцијал тих епизода за промовисање процеса аргуменовања још увек није довољно истражен (Justi and Mendonca, 2016). Ситуација за аргументовање може бити направљена кроз играње улога (Simonneaux, 2001) као и историјске контроверзе (Zemplen, 2011). На тај начин се подстиче разумевање постојања различитих тачки гледишта које могу коегзистирати у датом контексту од којих једна може бити сматрана прикладнијом од друге (Justi and Mendonca, 2016).

## 2.6. Проверавање ученичких постигнућа

Савремене образовне реформе манифестују померање од традиционалног курикулума ка курикулуму оријентисаном на циљеве, исходе, стандарде и компетенције према којима би окружење за учење требало да буде организовано (Slavin, 2002). То померање је резултат усмерености на учење и резултате учења, јер ако настава није изазвала промену код ученика, да са часа излазе дргачији него што су на њега ушли, онда наставе није ни било (Anderson, 2013). Стога је неопходно развијање нових стратегија проверавања према курикуларним циљевима, образовним стандардима и одговарајућим процесима наставе/учења (Johnstone and Ambusaidi, 2000; Holme *et al.*, 2010; Bernholt and Parchmann, 2011). Планирање начина проверавања ученичких постигнућа требало би да буде вођено истим циљевима према којима се планира и реализује процес наставе и учења, како би се добиле информације о резултатима тог процеса (Trivić, 2013). Ти циљеви би требало да укључују и васпитне аспекте наставе/учења хемије, развој научне писмености, кључних компетенција и способности да се повезују и примењују стечена знања. Ако циљеви савременог курикулума науке, активности наставе/учења и проверавање нису повезани, раскорак између начина на који су ученици подучавани и начина на који они могу да примене научно знање може бити повећан (Hume *et al.*, 2006).

Проверавање постигнућа ученика се може разматрати као специфични социокултурални контекст са дубоким утицајем на процес учења. Оно има примарну улогу у пружању повратне информације о напредовању ученика, као и у планирању предстојећих активности у наставном процесу.

Кроз проверавање ученици уочавају коју врсту информација, ниво разумевања и тип мишљења наставник сматра важним, што утиче на начин како ће ученици даље учити и напор који ће уложити приликом учења (Ye and Lewis, 2014). Истраживачки резултати су указали да садржај, презентација и формат теста, као и индивидуална психологија утичу на постигнућа ученика (Danili and Reid, 2005). Ученици са високим постигнућима, када су тестирани једном методом, не морају бити једнако успешни када се тестирају на други начин (Danili and Reid, 2006). Када се дизајнира и планира проверавање, важно је узети у обзир различите начине проверавања у којима ученичко разумевање може бити изазвано

и сагледано. Примена широког ранга метода наставе/учења и евалуације ученичких постигнућа може приближити научне садржаје и процесе већем броју ученика. Комбиновањем различитих начина проверавања, ученици могу спознати своје јаке и слабе стране (Race, 2003).

Примена различитих начина проверавања зависи од компетенција наставника да креирају, комбинују и прилагођавају различите начине проверавања способностима ученика. Једна од кључних компетенција наставника јесте педагошко знање садржаја (*engl. pedagogical content knowledge*), у наставку ПЗС. Шулман (Shulman, 1986) је први дефинисао ПЗС као спој педагогије и садржаја предмета. Касније је овај концепт развијан од стране других аутора, па су тако Магнусон и сарадници (Magnusson *et al.*, 1999) као једну од компоненти ПЗС издвојили знање о проверавању научне писмености, односно о томе шта би требало пратити и које методе користити. Овладавање овом компонентом ПЗС и даље представља један од највећих изазова са којима се суочавају наставници природних наука (Avergil *et al.*, 2012).

Како научна писменост подразумева много више од познавања конкретног садржаја науке, погрешно је очекивање да се научна писменост мери тестовима који испитују знања која појединац има из природних наука (Antić i Pešikan, 2015). Међутим, најчешћи начин проверавања ученичких постигнућа и даље је традиционална форма сумативног теста, који резултује оценом. Ова врста теста уобичајено испитује знање садржаја и не прати сложеније когнитивне процесе (Dogi, 2003). Таквим начином проверавања, односно третирањем одговора као тачних или нетачних, ученици остају ускраћени за анализу значења њихових одговора или когнитивне импликације (Talanquer, 2006). Ако је критичко научно резонување важан циљ наставе хемије, онда праћење и тестирање постигнућа захтева адекватна питања која могу индиковати ниво и квалитет ученичког резонувања (Cloonan and Hutchinson, 2011). Стога, лоша постигнућа ученика могу бити повезана са недостатком активности које захтевају научно резонување (Craolice *et al.*, 2008).

Уобичајена пракса проверавања ученичких постигнућа ретко укључује истраживачке активности у лабораторији, писање научних чланака или дизајнирање и реализацију пројеката. Ови видови проверавања углавном се

избегавају због недостатка поузданих критеријума и одговарајућих алата за праћење. Осим тога, наставници се не осећају комфортно приликом употребе алтернативних метода тестирања (Hofstein *et al.*, 2006). Чак и онда када наставници обликују активности у учионици с циљем да ученици повежу запажања из свакодневног искуства са научним идејама, остаје нејасно колико различите компоненте употребљених задатака обезбеђују услове за ученичко интелектуално ангажовање приликом учења (Kang *et al.*, 2016).

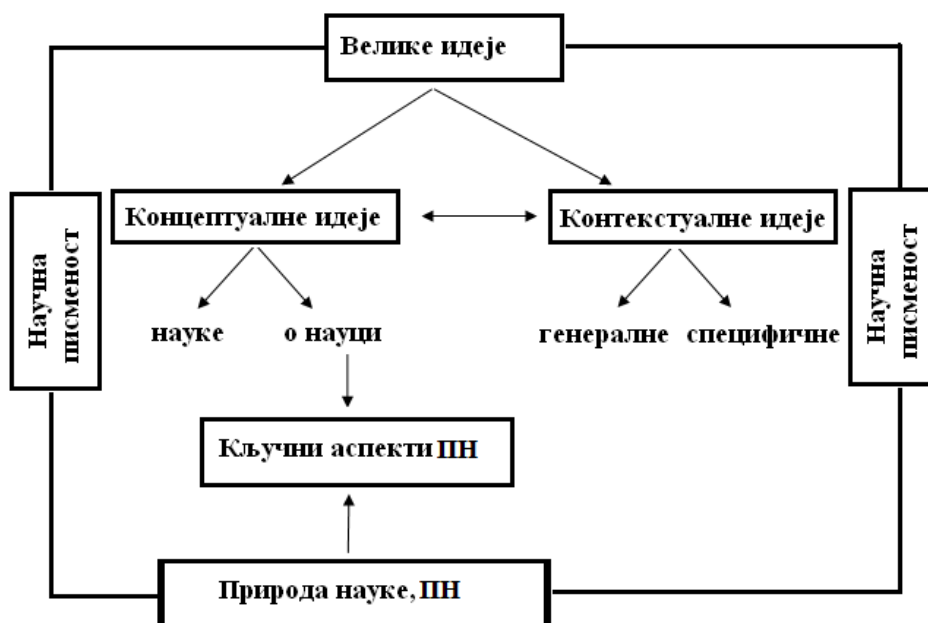
Испитивање одређеног дела знања изван контекста не даје информације у ком степену је знање интегрисано у структуре дуготрајне меморије (Trivić, 2013). Узимајући у обзир различите контексте током проверавања, може се добити јаснија слика о начину интегрисања знања и о томе да ли ученик може да користи то знање продуктивно (Klassen, 2006). Тако, на пример, питања о актуелним догађајима или догађајима из историје науке испитују научну писменост у контексту. Да би се интерпретирали такви случајеви и добили одговори на питања чијој се експертизи може веровати, која врста саопштавања научних резултата јавности је кредибилна, како научници обрађују податке, како међусобно комуницирају, неопходно је разумевање основних научних концепата и разумевање природе науке (Allchin, 2011). Упркос јачини реторике о важности учења природе науке, то учење губи смисао уколико није праћено реалном променом у природи сумативног проверавања које се и даље доминантно користи у образовању у области природних наука (Bartholomew *et al.*, 2004).

Корисне информације за унапређивање праксе проверавања ученичких постигнућа могу се добити кроз праћење прогреса учења ученика базираног на централним концептима и принципима дисциплине, или великим идејама које представљају језгро знања дисциплине (Smith *et al.* 2006).

## **2.7. Релације између појмова**

Процес конструисања научног знања и когнитивни развој ученика зависе од когнитивних структура ученика и структура научног знања организованог у систем који пружа курикулум. Методе наставе/учења, атмосфера у учионици и виђења наставника о процесу наставе/учења обликују релације између наставе, учења и проверавања (Bergendahl and Tibell, 2005).

Узимајући у обзир значење појмова научна писменост, велике идеје, природа науке и њихове специфичности, које су разматране у претходним одељцима, релације између ових појмова могу се шематски представити на начин приказан на Слици 2.4. Сваки од наведених појмова наставнику пружа оквир за сагледавање сврхе образовања у природним наукама, планирање наставе и праћење напредовања ученика. То даље обезбеђује дубље разумевање како се приступи вођени овим појмовима међусобно допуњавају и подржавају грађење функционалне научне писмености младих.



**Слика 2.4** Релације између појмова: велике идеје, природа науке и научна писменост

Аргументовање у настави науке могло би се довести у везу са сваким од појмова приказаних на Слици 2.4. Процес аргументовања, организован у различитим контекстима, укључујући и историјски контекст, може допринети формирању великих идеја код ученика. Такође, кроз конструисање научних аргумената ученици имају могућност да искусе неке од етапа у научноистраживачком раду и сагледају различите аспекате природе науке. Кроз процес аргументовања се може поспешити научна писменост ученика, али и добити информација о развијености научне писмености ученика анализирањем квалитета аргумента који ученик продукује.

Настава/учење која би била планирана и реализована узимајући у обзир релације између појмова, разматраних у оквиру теоријског дела ове дисертације, захтева и промене у пракси праћења и проверавања ученичких постигнућа. Проверавање у контексту, задаци који подстичу резоновање и задаци организовани око великих идеја представљају начине на које се може изаћи из уобичајене праксе проверавања што дугорочно може резултовати бољом функционалном научном писменошћу ученика.

## 3. Методологија истраживања

У оквиру овог одељка описана је методологија шест спроведених истраживања, од којих су три прелиминарна, а три главна истраживања.

### 3.1. Прелиминарна истраживања

#### *3.1.1. Предмет, циљеви и организација прелиминарних истраживања реализованих са наставницима хемије*

Као припрема за главна истраживања, изведена су два прелиминарна истраживања чији су предмет били ставови наставника хемије. Циљ првог прелиминарног истраживања био је испитивање ставова наставника хемије о појединим аспектима природе науке (креативност у науци, подложност научног знања промени) и њихових ставова о примени историјског контекста у настави хемије. Друго прелиминарно истраживање изведено је с циљем да се испитају ставови наставника хемије о примени контекста историје хемије у настави/учењу неорганске хемије.

Оба прелиминарна истраживања, реализована са наставницима, припадају квалитативном типу истраживања. За прикупљање података у оба истраживања коришћени су упитници. Валидност упитника према постављеним циљевима истраживања проверена је од стране чланова Катедре за наставу хемије, Хемијског факултета Универзитета у Београду. Начин на који су наставници одговарали на питања у упитницима се разликовао. У једном истраживању наставници су попуњавали упитник у папирној форми, док су у другом истраживању упитник попуњавали електронским путем. У оба случаја попуњавање упитника је било добровољно и анонимно. На почетку оба упитника налазиле су се уводне реченице којима је објашњен циљ истраживања и гарантовано да ће прикупљени подаци бити третирани поверљиво, а добијени резултати искоришћени искључиво у истраживачке сврхе. Поред тога, испитаници су замољени да искрено одговоре на питања. Време трајања



попуњавања упитника у папирној форми било је 20 минута, док време за попуњавање електронског упитника није било ограничено.

### ***3.1.1.1. Испитивање ставова наставника хемије о појединим аспектима природе науке и ставова о примени историјског контекста у настави хемије***

У оквиру истраживања, постављена су следећа **истраживачка питања**:

- (1) Каква су виђења наставника хемије о појединим аспектима природе науке (креативност у науци, подложност научног знања промени)?
- (2) Које садржаје из историје хемије наставници хемије најчешће разматрају у настави и како оцењују допринос тих садржаја разумевању хемије?
- (3) На који начин наставници хемије представљају науку ученицима и како подстичу активности у учионици које доприносе разумевању природе науке?

#### ***3.1.1.1.a Узорак истраживања***

Истраживање је спроведено током реализације стручног програма, организованог за наставнике хемије који раде у основним школама, одржаног у 16 градова у Србији (Зајечар, Зрењанин, Ужице, Смедерево, Крагујевац, Шабац, Ниш, Чачак, Крушевац, Ваљево, Нови Пазар, Суботица, Врање, Нови Сад, Пожаревац, Београд). Узорком су обухваћена 272 наставника хемије запослена у основним школама. Кроз први део упитника прикупљени су општи подаци о наставницима. Испитаници су наводили: пол, године старости, дужину радног стажа у образовању, тип насеља у коме се налази школа у којој раде, ниво стеченог образовања, назив факултета и студијског програма који су завршили, да ли су похађали курсеве из историје и филозофије науке/хемије током основних студија, као и курсеве из методике наставе хемије, психологије и педагогије.

Највећи део узорка чине припаднице женског пола (91 %) што је сагласно с традиционалним виђењем да се за наставничку професију више опредељују жене.

Узорак у највећем проценту (35,3 %) чине испитаници старосне доби између 41 и 50 година, што је у складу с просечном старошћу наставника у

земљама Европске уније (European commission, 2012), док су према годинама живота у узорку најмање заступљени наставници млађи од 30 година (10,7 %). Детаљна структура узорка према годинама старости приказана је у Табели 3.1.

**Табела 3.1** Структура узорка према годинама старости

Године старости	<i>N</i> (272)	% (100)
Испод 30	29	10,7
Између 31 и 40	84	30,9
Између 41 и 50	96	35,3
Преко 50	56	20,6
Без одговора	7	2,6

Структура узорка према дужини радног стажа у образовању приказана је у Табели 3.2, одакле се може видети да највећи проценат испитаника из узорка (41,2 %) има радни стаж у трајању од 6 до 15 година. Иако је узорком обухваћено око 11 % наставника који су млађи од 30 година, проценат наставника који имају мање од пет година радног искуства више него двоструко је већи (25,7 %). Могући узроци такве ситуације могли би се тражити у трајању студирања испитаника или трајању периода проналажења сталног запослења.

**Табела 3.2** Структура узорка према годинама радног стажа у образовању

Године радног стажа	<i>N</i> (272)	% (100)
Мање од 5 година	70	25,7
Од 6 до 15 година	112	41,2
Од 16 до 25 година	56	20,6
Од 26 до 35 година	27	9,9
Више од 35 година	4	1,5
Без одговора	3	1,1

Половина наставника из узорка ради у градским школама, док је друга половина запослена у школама у селима, варошима или ради и у градским и у сеоским школама (Табела 3.3)

**Табела 3.3** Структура узорка према типу насеља у коме испитаници раде

Тип насеља	<i>N</i> (272)	% (100)
Град	139	51,1
Село	85	31,3
Варош	30	11,0
Град/село	15	5,5
Без одговора	3	1,1

У Табели 3.4 приказана је структура узорка према највишем завршеном нивоу образовања. Највећи проценат испитаника (71,7 %) завршио је основне

академске студије. Више нивое студија завршило је 16,5 % испитаника. Узорак сачињавају и наставници који су завршили више школе (11 %). Овај податак није изненађујући, ако се узме у обзир да су осамдесетих година прошлог века предметни наставници образовани у Вишим педагошким школама. Процент наставника са овом врстом стручне спреме одговара проценту наставника чија је дужина радног стажа изнад 26 година (Табела 3.2).

**Табела 3.4** Структура узорка према највишем завршеном нивоу образовања

Ниво образовања	<i>N</i> (272)	% (100)
Виши	30	11,0
Високи	195	71,7
Мастер	39	14,3
Специјализација, магистратура, докторат	6	2,2
Без одговора	2	0,7

Највећи проценат испитаника (82,6 %) завршио је основне студије на природно-математичким факултетима (ПМФ) и факултетима који су из њих проистекли (Табела 3.5). Вишу педагошку школу (ВПШ) завршило је 10,7 % наставника из узрока, док су поједини испитаници академско образовање стекли на технолошким или техничким факултетима.

**Табела 3.5** Структура узорка према завршеном факултету

Факултет	<i>N</i> (272)	% (100)
Хемијски факултет	27	9,9
ПМФ Београд*	96	35,3
ПМФ Нови Сад	34	12,5
ПМФ Крагујевац	11	4,0
ПМФ Ниш	37	13,6
ПМФ Приштина	5	1,8
Биолошки факултет	5	1,8
Факултет за физичку хемију	9	3,3
Физички факултет	1	0,4
ВПШ	29	10,7
Технолошко металуршки факултет Београд	3	1,1
Технолошки факултет Нови Сад	1	0,4
Технички факултет Бор	1	0,4
Државни универзитет у Новом Пазару	5	1,8
Природни факултет Сегедин	1	0,4
Без одговора	7	2,6

\*Код већине одговора сврстаних у ову категорију наведено је само ПМФ. На основу наведених студијских програма, претпоставили смо да се такви одговори односе на ПМФ у Београду.

Када је реч о завршеним студијским програмима на основним студијама, највећи проценат испитаника (45,2 %) завршио је опште студијске програме (као што су *Дипломирани хемичар* и *Дипломирани хемичар за истраживање и развој*) док је студијске програме оријентисане ка настави завршило 29,4 % испитаника. Међу тим студијским програмима, најзаступљенији је програм *Професор хемије*, а затим програми за образовање двопредметних наставника (*Биологија-хемија* и *Физика-хемија*). Четвртина наставника из узорка (23,9 %) није пружила одговор на ово питање (Табела 3.6).

**Табела 3.6** Структура узорка према завршеном студијском програму

Студијски програм	N (272)	% (100)
Хемија	123	45,2
Професор хемије	44	16,2
Професор физике и хемије	9	3,3
Професор биологије и хемије	24	8,8
Наставник хемије/домаћинства	3	1,1
Хемијско инжењерство	1	0,4
Неорганска хемијска технологија	1	0,4
Фармацеутско инжењерство	2	0,7
Без одговора	65	23,9

У табели 3.7 приказана је фреквенција похађања курсева из историје науке/хемије, филозофије природних наука, методике наставе хемије, психологије и педагогије током иницијалног образовања наставника из узорка. Нешто више од половине испитаника похађало је курсеве из методике наставе хемије, психологије и педагогије. Курс из историје хемије похађало је 30,5 % наставника из узорка, а курс из филозофије природних наука свега 16,5 % испитаника. Забрињавајући је податак да четвртина наставника из узорка није похађала ниједан од наведених курсева, односно током иницијалног образовања није прошла кроз садржај ниједног од курсева који обезбеђују развијање компетенција неопходних за рад у школи. Како приликом планирања истраживања није очекиван висок проценат наставника са овим одговором, упитником није прикупљен податак о томе, да ли су и у којој мери ти наставници имали прилику да касније овладају садржајима наведених курсева у оквиру различитих програма стручног усавршавања.

**Табела 3.7** Курсеви које су испитаници похађали током иницијалног образовања

Курс	N (272)	% (100)
Историја науке/хемије	83	30,5
Филозофија природних наука	45	16,5
Методика наставе хемије	159	58,5
Психологија	141	51,8
Педагогија	142	52,2
Без одговора	14	5,1
Ниједан од наведених	70	25,7

### *3.1.1.1.б Инструмент истраживања*

За потребе истраживања креиран је упитник (Прилог 1), који се састојао из пет делова. Први део се односио на опште податке о испитанику; други на ставове о појединим карактеристикама природе науке и о важности примене историје и филозофије науке у образовању у области природних наука; трећи на начине на које наставници презентују науку ученицима и тип и фреквенцију активности ученика и наставника са потенцијалом да се унапреди разумевање природе науке; четврти на ставове о примени историје хемије у настави хемије за ученичко боље разумевање хемијских концепата, док су петим делом упитника прикупљени подаци о омиљеним научницима испитаника. Упитник је имао укупно 29 питања, од чега су пет питања отвореног типа, 11 питања затвореног типа, док је 13 питања подразумевало изражавање ставова на петостепеној или четворостепеној Ликертовој скали процене.

### *3.1.1.1.в Анализа података*

Обрада прикупљених података урађена је помоћу статистичког програма *SPSS 17.0*. Одговори на отворена питања су прегледани и на основу сличности садржаја разврстани у категорије. Свакој категорији додељен је одређен код како би подаци подлегли даљој статистичкој обради.

### ***3.1.1.2. Испитивање ставова наставника хемије о примени историјског контекста у настави неорганске хемије***

У оквиру истраживања, желели смо да добијемо одговоре на следећа истраживачка питања:

- (1) Да ли наставници хемије познају историјске садржаје у вези са открићима у области неорганске хемије?

(2) Које садржаје из историје хемије наставници хемије најчешће користе у настави неорганске хемије и како оцењују допринос тих садржаја разумевању хемије?

### 3.1.1.2.a Узорак истраживања

Узорком је обухваћено 40 наставника хемије који раде у основним школама у Србији. Упитник је био послат на 65 електронских адреса, случајно изабраних из интерне базе електронских адреса наставника који раде у основним школама, али се нису сви наставници одазвали молби да учествују у истраживању. Кроз први део упитника прикупљени су општи подаци о наставницима. Испитаници су наводили: пол, године старости, дужину радног стажа у образовању, тип насеља у коме се налази школа у којој су запослени, завршени највиши ниво студија, завршен студијски програм на основним и вишим нивоима студија, да ли су током основних студија похађали курсеве из историје и филозофије науке, методике наставе хемије, психологије и педагогије.

Највећи део узорка чине припаднице женског пола (75 %), што још једном потврђује традиционално виђење наставничке професије као професије намењене женама. Узорак у највећем проценту (42,5 %) чине испитаници старосне доби између 41 и 50 година (Табела 3.8), што је у складу с просечном старосном доби наставника у земљама Европске уније (European commission, 2012).

**Табела 3.8** Структура узорка према годинама старости

Године старости	N (40)	% (100)
Испод 30	11	27,5
Између 31 и 40	8	20
Између 41 и 50	17	42,5
Преко 50	4	10

Највећи проценат испитаника из узорка (65 %) има између 6 и 25 година радног искуства у образовању (Табела 3.9). За разлику од узорка претходно описаног прелиминарног истраживања (3.1.1.1.), у узорку овог истраживања постоји усаглашеност између процента наставника у узорку млађих од 30 година и процента наставника који имају мање од пет година радног стажа.

**Табела 3.9** Структура узорка према годинама радног стажа у образовању

Године радног стажа	<i>N</i> (40)	% (100)
Мање од 5 година	10	25
Од 6 до 15 година	14	35
Од 16 до 25 година	12	30
Од 26 до 35 година	0	0
Више од 35 година	1	2,5
Без одговора	3	7,5

Структура узорка према типу насеља у којој се налази школа у којој испитаници раде приказана је у Табели 3.10, одакле се види да највећи проценат наставника из узорка (72,5 %) ради у градским школама.

**Табела 3.10** Структура узорка према типу насеља у коме испитаници раде

Тип насеља	<i>N</i> (40)	% (100)
Град	29	72,5
Село	4	10
Варош	3	7,5
Без одговора	4	10

Највећи проценат испитаника (65 %) завршио је основне академске студије (Табела 3.11). Више нивое студија завршило је 32,5 % испитаника: мастер студије 20 % испитаника, док је специјализацију, магистарске или докторске студије завршило 12,5 % испитаника. Узорком је обухваћен и један испитаник (2,5 %) који има виши ниво стручне спреме, а из Табеле 3.12 се види да је реч о Вишој педагошкој школи. Основне студије највећи број испитаника (62,5 %) завршио је на факултетима некадашњег Природно-математичког факултета у Београду.

**Табела 3.11** Структура узорка према највишем завршеном нивоу образовања

Ниво образовања	<i>N</i> (40)	% (100)
Виши	1	2,5
Високи	26	65
Мастер	8	20
Специјализација, магистратура, докторат	5	12,5

**Табела 3.12** Структура узорка према факултету који су испитаници завршили

Факултет	<i>N</i> (40)	% (100)
ПМФ Београд	25	62,5
ПМФ Крагујевац	3	7,5
ПМФ Косовска Митровица	1	2,5
ПМФ Ниш	5	12,5
ПМФ Нови Сад	2	5
Виша педагошка школа „Јухас Ћула“ Сегедин	1	2,5
Без одговора	4	10

Када је реч о завршеним студијским програмима на основним студијама, највећи проценат испитаника (37,5 %) завршио је студијски програм *Дипломирани хемичар*, студијски програм *Професор хемије* је други по заступљености (27,5 %), док је петина наставника из узорка завршила студијске програме за образовање наставника у области два предмета: *Биологија-хемија* и *Физика-хемија* (Табела 3.13).

**Табела 3.13** Структура узорка према завршеним студијским програмима на основним студијама

Студијски програм	N (40)	% (100)
Професор хемије	11	27,5
Дипломирани хемичар (истраживање и развој)	15	37,5
Професор физике и хемије	3	7,5
Професор биологије и хемије	5	12,5
Биохемичар	2	5
Без одговора	4	10

Од 13 испитаника који су навели да су завршили виши ниво студија од основних, њих четворо се даље образовало у области наставе хемије (Табела 3.14).

**Табела 3.14** Структура узорка према завршеним студијским програмима на вишим нивоима студија

Студијски програм	N (40)	% (100)
Професор хемије	3	23,1
Професор биологије и хемије	1	7,7
Неорганска и аналитичка хемија	1	7,7
Дипломирани хемичар (мастер) истраживање и развој	6	46,2
Биохемија	1	7,7
Без одговора	1	7,7

Током основних студија курс из историје хемије похађало је 58,3 % испитаника, а курс из филозофије природних наука 22,2 % испитаника. Већи је проценат наставника (нешто изнад 60 %) који су похађали курсеве из методике наставе хемије, психологије и педагогије (Табела 3.15). Слично као и у структури узорка претходно описаног прелиминарног истраживања, скоро четвртина наставника из узорка није похађала ниједан од наведених курсева током основних студија, а реализује наставу хемије у основној школи.



**Табела 3.15** Курсеви које су испитаници похађали током иницијалног образовања

<b>Курс</b>	<b>N (40)</b>	<b>% (100)</b>
Историја науке/хемије	21	58,3
Филозофија природних наука	8	22,2
Методика наставе хемије	23	63,9
Психологија	23	63,9
Педагогија	22	61,1
Ниједан од наведених	8	22,2

### *3.1.1.2.б Инструмент истраживања*

За потребе истраживања креиран је упитник (Прилог 2). Упитник се састојао из три дела. Први део се односио на опште податке о испитанику, други на генералне ставове испитаника о примени садржаја из историје хемије у настави хемије, а трећи на увођење одређених садржаја из историје хемије у наставу неорганске хемије. Упитник је имао укупно 31 питање. Осим три питања у првом делу упитника, где се од испитаника очекивало писање одговора, остала питања су од испитаника захтевала да се одреде за један или више понуђених одговора или да изразе степен слагања са изнетом тврдњом на петостепеној Ликертовој скали процене.

### *3.1.1.2.в Анализа података*

Истраживање је спроведено електронским путем, помоћу платформе *Google Forms* (наставници су путем мејла добијали линк који их је водио до упитника). Могућности ове платформе су искоришћене за статистичку обраду прикупљених података.

### ***3.1.2. Предмет, циљ и организација прелиминарног истраживања реализованог са ученицима***

За разлику од два претходно описана прелиминарна истраживања, у којима су испитивани ставови наставника, предмет трећег прелиминарног истраживања били су ставови ученика. Циљ истраживања је био да се испитају ставови ученика осмог разреда основне школе (узраст 14 година) о науци, научноистраживачком раду и значају научног рада.

Ово прелиминарно истраживање је квалитативног типа, а за прикупљање података употребљен је упитник, који су учесници попуњавали добровољно и

анонимно у трајању од 20 минута, на крају првог класификационог периода осмог разреда. Ученицима је пре почетка попуњавања упитника објашњен циљ истраживања, замољени су да на питања искрено одговоре и речено им је да ће њихови одговори бити третирани поверљиво и да неће бити употребљени ни у које друге сврхе осим за потребе истраживања, као и да неће утицати на њихове крајње оцене из хемије.

### ***3.1.2.1. Испитивање ставова ученика о науци, научноистраживачком раду и значају научног рада***

Постављена су следећа **истраживачка питања**:

- (1) Каква су ученичка виђења о науци и научноистраживачком раду?
- (2) Какви су ставови ученика о доприносу научног рада развоју појединца и друштва?
- (3) Какве су преференције ученика према науци?

#### ***3.1.2.1.a Узорак истраживања***

У истраживању је учествовало 275 ученика осмог разреда основне школе из шест основних школа у Београду. Пре почетка истраживања, обављен је разговор са директорима и наставницима хемије из сваке од школа у узорку и том приликом су објашњени предмет, циљ и организација планираног истраживања. Након добијања њихове сагласности за учествовање у истраживању сачињени су уговори о сарадњи између сваке школе и Хемијског факултета Универзитета у Београду, који су потписали директори школа и декан Хемијског факултета.

Прикупљени су и подаци о полу ученика и оцени коју су имали на крају претходног разреда (7. разреда) из хемије и историје. Према полу, узорак су чинила 146 дечака (53,1 %) и 129 девојчица (46,9 %). Просечна оцена из хемије, ученика обухваћених узорком, на крају седмог разреда износила је 3,65, док је просечна оцена из историје износила 3,90.

#### ***3.1.2.1.б Инструмент истраживања***

Као инструмент истраживања коришћен је упитник, који се састојао из 10 питања отвореног типа (Прилог 3). Путем упитника прикупљени су следећи подаци: (1) ученичка виђења науке, експеримента и главних активности научника у природним и друштвеним наукама; (2) ставови ученика о значајности научног

рада за појединца и друштво; (3) да ли постоје научници и научна открића која су оставила утисак на ученике и да ли би и они сами желели да се баве науком. Валидност упитника према постављеним циљевима истраживања проверена је од стране чланова Катедре за наставу хемије Хемијског факултета Универзитета у Београду, као и од стране шест наставника хемије чији су ученици обухваћени узорком истраживања.

#### *3.1.2.1.в Анализа података*

За обраду прикупљених података коришћен је статистички програм *SPSS 17.0*. Како упитник садржи само питања отвореног типа, сви одговори на отворена питања су најпре прегледани и на основу сличности садржаја разврстани у категорије. Свакој категорији додељен је одређен код како би подаци били даље статистички обрађени.

## **3.2. Главна истраживања**

### ***3.2.1. Предмет, циљ и организација испитивања ефеката учења хемијских појмова у контексту историје хемије***

У оквиру дисертације изведена су два истраживања чији је предмет испитивање ефеката примене историје хемије као контекста за учење хемијских појмова. У првом истраживању испитани су ефекти примене историјског контекста приликом обраде новог градива на лекцији *Увод у органску хемију*, док су у другом истраживању испитани ефекти примене овог контекста приликом систематизације градива на тему *Неметали, оксиди нематала и киселине*. Према дизајну, оба истраживања су педагошки експерименти са паралелним групама и реализовани су са ученицима осмог разреда основне школе (узраст 14 година).

У истраживању, у коме су испитани ефекти примене историје хемије као контекста за учење лекције *Увод у органску хемију*, једна група је била изложена епизодама из историје развоја органске хемије и активностима конструисања аргумената на основу тих епизода, док су у другој групи изостале историјске епизоде и активности аргументовања. Циљеви овог истраживања били су

испитивање ефеката аргумендовања и квалитета аргумената у вези са садржајима из историје развоја органске хемије на:

(1) ниво знања о саставу, структури и општим својствима органских једињења;

(2) опажање кључног аспекта природе науке, да је научно знање подложно промени.

Циљ другог истраживања био је да се истраже ефекти два приступа систематизацији знања о гасовима, изучаваним у оквиру наставне теме *Неметали, оксиди неметала и киселине* на ниво разумевања ученика о својствима и практичној примени гасова. Једна група ученика је радила према приступу који је укључивао епизоде из историје хемије (историјски приступ), док је друга група радила према приступу који је имао фокус на примени хемијских знања у савременом тренутку (савремени приступ).

Приликом планирања оба истраживања вођено је рачуна да историјски контекст обухвати садржаје који, у складу са циљевима истраживања, могу бити прилагођени ученицима узраста 14 година. На овом месту може се истаћи да увођење историјског контекста у наставу хемије није подједнако примерено за сваки садржај имајући у виду узраст ученика и ниво њиховог предзнања.

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 (Matijašević *et al.*, 2013). Пре почетка оба 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 сагласности за извођење истраживања, склопљени су уговори о сарадњи између школа и Хемијског факултета Универзитета у Београду. Уговори су потписани од стране декана Хемијског факултета и директора школа укључених у истраживања.

На почетку сваког од истраживања ученицима 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.

### **3.2.1.1. Обрада лекције Увод у органску хемију**

За ово истраживање изабрана је прва тема у области органске хемије, *Увод у органску хемију*, из наставног програма хемије за осми разред основне школе. Обради теме *Увод у органску хемију* претходило је годину и по дана учења хемије. Током тог периода ученици су изучавали садржаје опште хемије (врсте супстанци, смеше и раствори, структура супстанци, својства и физичке и хемијске промене супстанци) и неорганске хемије (неметали, оксиди неметала и киселине, метали, оксиди метала и хидроксида, соли, електролитичка дисоцијација киселина, хидроксида и соли).

Процењено је да се садржаји из историје развоја органске хемије могу прилагодити предзнању ученика узраста 14 година, и да уз информације којим се они уводе у област органске хемије, могу послужити као основа за формулисање аргумената. Посебно је било важно што историја развоја органске хемије, релативно младе гране хемије, пружа увид у то како су теорије подложне промени и како се научно знање развија и мења на основу новооткривених доказа.

Постављене су две **хипотезе истраживања**:

(1) Аргументовање и квалитет аргумената у контексту историје развоја органске хемије доприноси статистички значајно бољим постигнућима ученика у вези са саставом, структуром и општим својствима органских једињења у односу на наставу која не обухвата аргументовање.

(2) Аргументовање у контексту историје развоја органске хемије статистички значајно повећава број ученика који сматрају да је научно знање подложно промени у односу на наставу која не обухвата аргументовање.

#### **3.2.1.1.a Узорак истраживања**

Узорак је обухватио 105 ученика осмог разреда основне школе, узраста 14 година, из две основне школе у Београду. Ученици свих одељења осмог разреда (по четири одељења) из обе школе учествовали су у истраживању.

### 3.2.1.1.6 Процедура истраживања

Изведен је педагошки експеримент са паралелним групама (А и Б). Са обе групе ученика рађено је по три школска часа од којих је сваки трајао 45 минута. Два одељења ученика у свакој школи (четири одељења укупно) су изабрана за групу А и исто толико одељења за групу Б. Број ученика у свим одељењима био је приближно једнак, али како су обрађени само резултати ученика који су присуствовали на сва три часа истраживања, то је за последицу имало смањење узорка и неједнак број ученика у групама (43 ученика у групи А и 62 ученика у групи Б). Докторанд је радио са свим ученицима, и у групи А и у групи Б. На тај начин није било разлике између група у погледу наставника који је реализовао часове у оквиру истраживања.

Први и трећи час био је исти у обе групе, док се други час разликовао у једном делу. У том делу часа само су ученици из групе А слушали аудио снимке интерпретације објашњења научника заслужних за развој органске хемије (Jöns Jacob Berzelius, Friedrich Wöhler, Antoine-Laurent de Lavoisier, Friedrich August Kekulé, Archibald Scott Couper), а затим индивидуално писменим путем формулисали аргументе за и против изнетих објашњења. План главних активности током три часа истраживања приказан је у Табели 3.16.

**Табела 3.16** План главних активности у две групе ученика

Час	Група А	Група Б
1.	Иницијално тестирање	Иницијално тестирање
2.	(I) Индивидуално читање текста: <i>Увод у органску хемију</i> Садржај текста: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Порекло назива „органска једињења” и основи виталистичке теорије</li> <li>• Уреа - прво синтетисано органско једињење</li> <li>• Бројност органских једињења и њихова различита практична примена</li> <li>• Валенца атома угљеника у неорганским и органским једињењима</li> <li>• Елементи који улазе у састав органских једињења</li> <li>• Повезивање атома угљеника једноструком, двоструком и троструком везом</li> <li>• Повезивање атома угљеника у отворене низове (разгранате и неразгранате) и затворене прстенове</li> <li>• Општа својства органских једињења (тип хемијске везе, температура топљења, растворљивост у води, растворљивост у неполарним растварачима, промене при загревању) и разлике у односу на општа својства неорганских једињења</li> </ul> (II) Слушање аудио снимака интерпретације објашњења научника заслужних за развој органске хемије и формулисање	(I) Индивидуално читање текста: <i>Увод у органску хемију</i> (II) Индивидуално писмено одговарање на питања/захтеве у вези са садржајем текста:

аргумената за и против изнетог објашњења на основу текста разматраног у оквиру прве активности

#### Први аудио снимак

- *Берцелијус* – Органска хемија као хемија биљних и животињских супстанци.
- *Велер* – Синтеза органских једињења ван живих бића

Индивидуално писмено формулисање аргумената за и против објашњења о настајању органских једињења под утицајем животне силе.

#### Други аудио снимак

- *Берцелијус* – Разликовање неорганских и органских једињења на основу њихових промена при загревању

Индивидуално писмено формулисање аргумената о оправданости поделе једињења на неорганска и органска према њиховим променама приликом загревања.

#### Трећи аудио снимак

- *Лавоазје* – Сагоревање органских једињења ради утврђивања да ли су она изграђена од угљеника и водоника

Индивидуално писмено формулисање аргумената да ли је Лавоазјеов оглед сагоревања органских једињења довољан за утврђивање елементалног састава свих органских једињења.

#### Четврти аудио снимак

- *Кекиле* – Непроменљива валенца угљеника у свим његовим једињењима
- *Купер* – Променљива валенца елемената и двојака валенца угљеника

Индивидуално писмено формулисање аргумената за и против изнетих виђења о валенци атома угљеника у једињењима, а која су заступали Кекиле и Купер.

1. Какво је било мишљење о настајању органских једињења на почетку 19. века? Како се то мишљење променило током 19. века?

2. Како се неорганска и органска једињења разликују на основу промена којима подлежу приликом загревања?

3. Који елементи улазе у састав органских једињења?

4. Наведите валенцу угљеника у неорганским и органским једињењима.

3.

Финално тестирање

Финално тестирање

На првом часу ученици обе групе су решавали иницијални тест (Прилог 4) с циљем да се на основу добијених резултата утврди да ли су две групе испитаника (А и Б) међусобно уједначене према предзнању. Такође, уз

иницијални тест ученици су на петостепеној Ликертовој скали изражавали своје виђење о подложности промени научних теорија.

Прва активност на другом часу је била иста у обе групе. Ученици су индивидуално читали текст (Прилог 5) у коме је описан састав, структура и општа својства органских једињења, као и њихова разлика у односу на својства неорганских једињења. Након тога, ученицима из групе А су пуштени аудио снимци интерпретације објашњења научника који су допринели развоју органске хемије. Пет мушких гласова у улогама Берцелијуса, Велера, Лавозјеа, Кекилеа и Купера снимљено је према сценарију (Прилог 6) написаном на основу претражене литературе из историје хемије о развоју органске хемије (Groner, 1911; Partington, 1937; Jorgensen, 1965; Jorges, 1966; Grdenić, 2001; Brock, 2011). Емитовање сваког аудио снимка пратио је слајд са фотографијом и именом научника чије се виђење презентује. Након сваког одслушаног аудио снимка ученици су записивали аргументе за и против објашњења научника које су претходно чули. Очекивало се да они формулишу аргументе на основу предзнања и информација из текста који су читали пре емитовања аудио снимака. Ученици из групе Б нису слушали аудио снимке са сегментима из историје хемије нити су формулисали аргументе. Они су читали текст и одговарали на питања у вези са садржајем текста (Табела 3.16). На тај начин је обезбеђено да ученици из обе групе користе исте информације из текста али током различитих активности: аргументовања у групи А и формулисања одговора у групи Б.

На трећем часу ученици су решавали финални тест (Прилог 7) и на петостепеној Ликертовој скали поново изражавали своје виђење о подложности промени научних теорија.

### *3.2.1.1.в Прикупљање и анализа података*

Иницијални и финални тест су употребљени као инструменти истраживања. Оба теста садрже задатке који одговарају наставном програму хемије за осми разред основне школе (узраст ученика 14 година). Узимајући у обзир да би контролна и експериментална група требало да буду што је могуће сличније пре увођења интервенције (Shadish *et al.*, 2002), резултати иницијалног теста послужили су за процену колико су ученици из две групе слични у погледу претходно стеченог знања из опште и неорганске хемије.



Задаци иницијалног теста су креирани на основу садржаја из опште и неорганске хемије у одобреним и актуелним уџбеницима за осми разред основне школе, како би се осигурало да сви ученици у узорку могу да одговоре на њих. Иницијални тест садржи 9 задатака који обухватају 41 захтев: 7 затвореног типа, 27 отвореног типа и 7 захтева који представљају комбинацију ова два типа. Садржаји обухваћени иницијалним тестом односе се на структуру атома угљеника, својства и хемијске промене угљеника и његових једињења (1. задатак), валенцу елемената у једињењима (2. задатак), хемијску везу и растворљивост супстанци с одређеним типом хемијске везе у поларном растварачу – води (3. и 4. задатак), својства метала и неметала (5. задатак), класе неорганских једињења, њихова својства и примену у свакодневном животу (6. и 7. задатак), писање формула једињења и хемијских једначина (8. и 9. задатак). Ученици су током редовне наставе имали искуство у решавању типова задатака какви су били на иницијалном тесту.

С обзиром на то да се у истраживању испитивао ефекат примене аргументовања у историјском контексту приликом обраде новог градива, финални тест се разликовао од иницијалног теста. Овај тест садржи 8 задатака који обухватају 31 захтев: 7 затвореног типа, 21 отвореног типа и три захтева која представљају комбинацију ова два типа. Финалним тестом је испитано ученичко разумевање састава органских једињења (захтеви: 1б, 1в, 1г), њихове структуре (захтеви: 1д, 1ђ, 3в, 7в, 5. и 6. задатак), општих својстава органских једињења и упоређивање са својствима неорганских једињења (захтеви: 3а, 3б, 3г, 3д и 4. задатак), валенце угљеника у неорганским и органским једињењима (2. задатак и захтев 7б), историје развоја органске хемије (захтеви: 1а, 7а и 8. задатак).

Текст који су индивидуално читали ученици обе групе пружао је довољну основу да сваки ученик може да одговори на свако питање финалног теста, тако да ниједна група није била фаворизована.

Валидност инструмената у складу са курикулумом и циљевима истраживања утврдила су два експерта са Катедре за наставу хемије Хемијског факултета Универзитета у Београду која нису била укључена у планирање самог истраживања. Они су процењивали да ли ученици из обе групе имају једнаку могућност да одговоре на питања финалног теста. Осим тога, валидност

инструмената у погледу циљева истраживања и курикулума верификована је и од стране наставника хемије који раде у школама обухваћеним истраживањем. Такође, наставници су процењивали да ли примењени приступи у групама А и Б пружају једнаку шансу ученицима обе групе да одговоре на захтеве финалног теста.

Поузданост тестова испитана је помоћу Cronbach's  $\alpha$  коефицијента који указује на корелацију постигнућа на појединачном питању са сумом постигнућа на свим осталим питањима. Вредност Cronbach's  $\alpha$  коефицијента на иницијалном тесту износи 0,914, а на финалном тесту 0,909 што указује на високу унутрашњу конзистентност инструмената.

Да би се испитало да ли се ученичко опажање једног од кључних аспеката природе науке, да је научно знање подложно промени, променило након обраде теме *Увод у органску хемију*, после решавања задатака на иницијалном и финалном тесту од ученика се очекивало да на петостепеној Ликертовој скали изразе степен слагања са исказом *Научне теорије су подложне промени*.

Аргументи ученика из групе А, које су они записивали након слушања аудио снимака, прикупљени су ради анализирања. Приликом анализирања аргумената праћена је тачност њиховог садржаја (одговарајућа употреба хемијских концепата) и сложеност (структура). Под аргументом смо подразумевали одговор чију структуру чини закључак подржан са најмање једним оправдањем (*engl. justificaton*), које оправдава зашто закључак треба да буде прихваћен. Додатни разлог детаљније описује оправдање, подржава тачност оправдања и последично подржава прихватање закључка. Сви аргументи продуковани у овом истраживању су се према структури могли разврстати у четири категорије: (I) закључак и једно оправдање; (II) закључак, једно оправдање и додатни разлог који пружа подршку за оправдање; (III) закључак и два оправдања; (IV) закључак, два оправдања и додатни разлог који пружа подршку за оправдање. Ове категорије аргумената су врло сличне опису структуре аргумената коју су предложили Зохар и Немет (Zohar and Nemet, 2002). Међутим, квалитет ученичких писаних аргумената је процењиван на начин различит од методологије ових аутора. Главна разлика се огледа у томе што су у нашем истраживању структура и садржај аргумената вредновани заједно.

Сваком аргументу са тачним закључком и једним тачним оправдањем додељена су два поена (један поен за тачност оправдања и један поен за ту структурну компоненту аргумента). Уколико је оправдање нетачно аргументу је додељен само број поена за структуру, тј. један поен. Додатни разлог за оправдање у структури аргумента увећавао је број поена додељених аргументу за један (укупно  $2+1=3$  поена). Уколико је додатни разлог нетачан, додељена је половина поена због веће сложености тог аргумента у односу на онај који има само оправдање (укупно  $2+0.5=2.5$  поена). Максимални број поена који је могао бити додељен аргументу са два оправдања је био четири, односно за свако оправдање по један поен за тачност садржаја и један поен за ту структурну компоненту. За свако оправдање са нетачним садржајем додељена је половина броја поена, тј. вредновано је само постојање те структурне компоненте (сложеност аргумента). Аргументи који садрже два тачна оправдања и додатни разлог вредновани су са пет поена ( $2+2+1=5$  поена). То су били аргументи са највећим бројем поена у овом истраживању.

Поступак вредновања је илустрован за четири аргумента различитих категорија, наведена у наставку, који су продуковали ученици у овом истраживању (Слика 3.1)

Категорија I - “Берцелијус је био у праву јер органска једињења имају нижу температуру топљења у односу на неорганска једињења.”

Категорија II - “Берцелијус је био у праву јер органска једињења при загревању сагоревају до угљен-диоксида и воде, док се неорганска једињења у чврстом агрегатном стању топе.”

Категорија III - “Берцелијус је био у праву јер органске супстанце имају ниску температуру топљења а неорганска једињења високу. При загревању органска једињења сагоревају, док се неорганска једињења у чврстом агрегатном стању топе.”

Категорија IV - “Берцелијус је био у праву јер већина органских једињења сагорева при чему настаје угљен-диоксид и вода. Органске супстанце имају нижу температуру топљења у поређењу са неорганским супстанцама.”

Закључак	Оправдање	Додатни разлог	Оправдање	Број поена
“Берцелијус је био у праву,	јер органска једињења имају нижу температуру топљења у односу на неорганска једињења.”			2
“Берцелијус је био у праву,	јер органска једињења при загревању сагоревају ..., док се неорганска једињења у чврстом агрегатном стању топе.”	... до угљен-диоксида и воде,...		2+1=3
“Берцелијус је био у праву,	јер органске супстанце имају ниску температуру топљења а неорганска једињења високу.		При загревању органска једињења сагоревају, док се неорганска једињења у чврстом агрегатном стању топе.	2+2=4
“Берцелијус је био у праву,	јер већина органских једињења сагорева	при чему настаје угљен-диоксид и вода.	Органске супстанце имају нижу температуру топљења у поређењу са неорганским супстанцама”	2+1+2=5

**Слика 3.1** Илустрација процедуре вредновања за четири аргумента из различитих категорија

Аргументима који су уз закључак садржавали бесмислено оправдање, или смислено али за тај закључак нерелевантно оправдање, додељено је 0 поена. На тај начин категорија указује на сложеност (структуру) аргумента, а број поена и на структуру и на тачност аргумента. Максималан број поена за аргумент у категорији I је два, у категорији II је три, у категорији III је четири, док у категорији IV износи 5. Ако аргумент, који припада одређеној категорији, нема максималан број поена предвиђен за ту категорију, то указује да постоје делови аргумента који нису научно прихватљиви.

Ученички одговори на задацима иницијалног и финалног теста, Ликертовим скалама процене, као и писани аргументи, статистички су обрађени помоћу програма *SPSS Statistics 17.0*.

### **3.2.1.2. Систематизација знања о гасовима**

Садржај о гасовима је изабран за истраживање зато што су гасови обухваћени нашим наставним програмом хемије за основну школу и представљају

интегрални део великих идеја које се у документима у свету, и од стране истраживача, препоручују у настави хемије. На пример, следеће велике идеје, од идеја наведених у Табели 2.4, обухватају гасове: *Својства и промене супстанци* (ACS Guidelines, 2012); *Структура/функција, Реакције* (Murphy *et al.*, 2012); *Хемијске реакције, Хемијски производи у свакодневном животу, Релације структуре и својстава, Реакциона енергија* (De Jong and Talanquer, 2015), као и идеје у форми следећег исказа *Хемијска и физичка својства супстанце могу бити објашњена структуром и уређењем атома, јона или молекула и сила између њих*. У литератури се могу наћи бројна истраживања у којима је испитивано разумевање појмова као што су идеални гас, кинетичко-молекуларна теорија, гасни закони (на пример: Benson *et al.*, 1993; Kautz *et al.*, 2005a; Kautz *et al.*, 2005b; Senocak *et al.*, 2007; Cetin *et al.*, 2009; Wiebe and Stinner, 2010; Aydeniz *et al.*, 2012). Међутим, према нашим наставним програмима хемије, ови концепти су планирани за учење у средњој школи, док ученици основне школе уче само о својствима и практичној примени појединих гасова без разматрања претходно поменутих концепата. Из тог разлога, одлучили смо да испитамо утицај историјског и савременог контекста на ниво разумевања ученика основне школе о својствима и практичној примени гасова.

Узимајући у обзир дужину периода током којег су гасови били у фокусу интересовања научника (период пнеуматске хемије), епизоде из историје хемије о открићу гасова имају потенцијала за сагледавање различитих аспеката природе науке. Важно је и истаћи да се кроз практичну примену гасова у различите сврхе у свакодневном животу, може учити релевантност знања о гасовима за појединца и друштво.

**Истраживачка хипотеза** у овом истраживању била је да ће историјски контекст о открићу гасова и изучавању њихових својстава више продубити ученичко разумевање својстава и практичне примене гасова него савремени контекст.

### 3.2.1.2.a Узорак истраживања

Узорком је обухваћено 129 ученика осмог разреда, узраста 14 година, из пет основних школа у Београду, што чини 3 % од укупног броја основних школа

на територији Београда. У свакој школи су, од свих одељења осмог разреда, изабрана по два одељења која су ушла у узорак истраживања.

### 3.2.1.2.6 Процедура истраживања

У складу с циљем истраживања и истраживачком хипотезом, изведен је педагошки експеримент са паралелним групама ученика (А и Б). Рад са ученицима из обе групе обухватио је укупно три узастопна школска часа, сваки у трајању од 45 минута. Истраживање је спроведено после обраде теме *Неметали, оксиди неметала и киселине*, прве теме у наставном програму хемије за осми разред основне школе. У седмом разреду ученици су учили појмове опште хемије који се односе на врсте супстанци (елементи, једињења), смеше и растворе, структуру супстанци, својства и физичке и хемијске промене супстанци.

План главних активности током три часа истраживања приказан је у Табели 3.17. Часове у обе групе у свим школама у узорку извео је докторанд.

**Табела 3.17** План активности током три часа истраживања за две групе ученика

Час	Историјски приступ Група А	Савремени приступ Група Б
1.	Иницијално тестирање	Иницијално тестирање
2.	<p>Рад на тексту чији је садржај:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Пристли испитује утицај угљен-диоксида на горење (Прича о испитивању својстава угљен-диоксида у локалној пивари)</li> <li>• Пристли открива сода воду (Прича о открићу освежавајућег укуса воде у коју је уведен угљен-диоксид)</li> <li>• Пристли добија кисеоник загревањем жива(II)-оксида (Прича о експерименту у коме је Пристли загревао малу количину жива(II)-оксида, фокусирајући сунчеве зраке на ову супстанцу)</li> <li>• Пристли испитује утицај кисеоника на горење и дисање (Приче како је Пристли открио да свећа гори у атмосфери кисеоника и како је удахнуо чист кисеоник након што је уочио позитивне ефекте овог гаса на виталне функције миша)</li> <li>• Пристли уочава да биљке производе кисеоник (Прича како је Пристли уочио да биљке пречишћавају ваздух у коме су претходно дисале животиње или горела свећа и прича о експерименту са воденим биљкама)</li> </ul>	<p>Рад на тексту чији је садржај:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Улога угљен-диоксида у процесу производње газираних пића (Прича о корацама у производњи газираних пића и улози угљен-диоксида у том процесу)</li> <li>• Примена угљен-диоксида за гашење пожара (Прича о пожарима, улози кисеоника у процесу горења и о употреби угљен-диоксида за пуњење противпожарних апарата и гашење ватре)</li> <li>• Употреба кисеоника као инхалационог средства у медицини (Прича о употреби кисеоника као терапије за особе које имају проблема са дисањем)</li> <li>• Процес фотосинтезе (Прича о улози кисеоника и угљен-диоксида у процесу фотосинтезе)</li> </ul>
3.	Финално тестирање	Финално тестирање

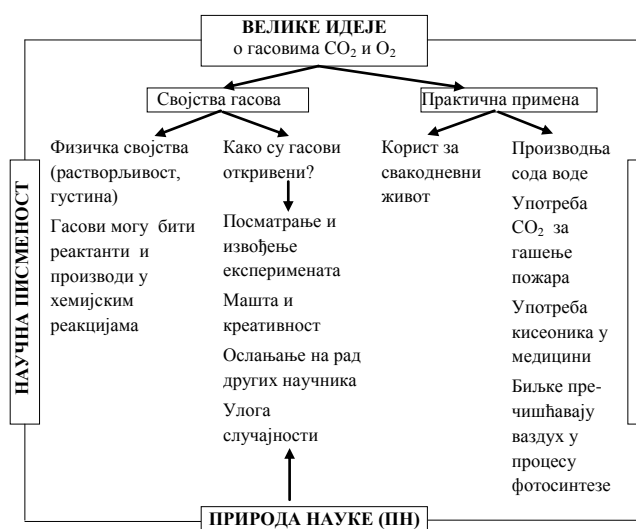
На првом часу ученици су решавали иницијални тест (Прилог 8). На основу резултата иницијалног тестирања, у оквиру сваког одељења формиране су две уједначене групе ученика према постигнућима (групе А и Б). На другом часу у оквиру сваке групе ученици су индивидуално радили на текстовима направљеним према циљу истраживања. Ученици у групи А радили су на тексту (Прилог 9) у којем је представљен научноистраживачки рад Џозефа Пристлија (Joseph Priestley, 1733-1804). Текст је састављен на основу претражене литературе из историје хемије о животу и раду овог научника (Thore, 1924; Holmyard, 1928; Partington, 1937; Jaffe, 1957; Asimov, 1966; Neville and Engineers, 1974), и обликован тако да одговара предзнању и узрасту ученика који су у истраживању учествовали. Из Пристлијеве богате биографије издвојене су епизоде о: открићу сода воде и уочавању својстава угљен-диоксида; открићу кисеоника и испитивању његових својстава; експериментима у којима је запажено да биљке чине ваздух добрим за дисање тако што стварају кисеоник.

Група Б добила је текст (Прилог 10) о примени угљен-диоксида у процесу производње газираних пића и за пуњење противпожарних апарата, о употреби кисеоника у медицинске сврхе, о процесу фотосинтезе. Материјал на коме су ученици радили осим текста садржи и питања којима је усмеравана пажња ученика на битне информације у тексту и проверавано њихово разумевање.

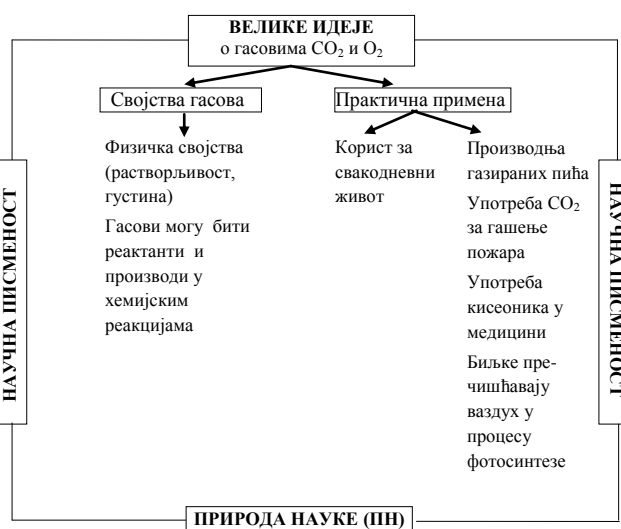
Штампани материјал и за групу А и за групу Б одговара садржају наставног програма за осми разред основне школе и усмерен је према истом циљу: развијање способности ученика да опишу, објасне и изведу закључке о својствима и практичној примени гасова. На почетку другог часа ученицима је дата инструкција да пажљиво читају текстове и одговарају на пратећа питања.

Релације између великих идеја, природе науке и научне писмености према историјском и савременом приступу, примењеним у овом истраживању, приказане су на сликама 3.2 и 3.3. Са слика се јасно може уочити да оба приступа карактерише намера да се успоставе велике идеје у вези с гасовима и одговарајућа научна писменост. Разлика између ова два приступа је повезана с карактеристикама природе науке (посматрање, експериментисање, машта и креативност, ослањање на рад других научника, улога случајности) које су

инкорпориране у историјски приступ, тј. у приче о историјском периоду у коме је Пристли живео и околностима у којима је изводио експерименте.



Слика 3.2 Релације између великих идеја, природе науке и научне писмености према историјском приступу (група А)



Слика 3.3 Релације између великих идеја, природе науке и научне писмености према савременом приступу (група Б)

На трећем часу ученици су решавали финални тест (Прилог 11).

### 3.2.1.2.в Прикупљање и анализа података

Као инструменти у истраживању коришћени су иницијални и финални тест. Оба теста садрже задатке који одговарају наставном програму хемије за осми разред основне школе, а којима се проверава разумевање својстава гасова ( $O_2$  и  $CO_2$ ) и њихове примене.

Резултати иницијалног тестирања служили су за процену колико су ученици из две групе на почетку истраживања уједначени према претходно стеченом знању у вези с темом *Неметали, оксиди неметала и киселине*. Иницијално тестирање може утицати на исход следећег идентичног финалног тестирања ученика у обе групе (Martella *et al.*, 2013). У циљу превазилажења такве ситуације, примењена је једна од смерница за развијање два теста (Cohen *et al.*, 2007), према којој се иницијални и финални тест могу разликовати по форми све док се односе на исти садржај. Стога су иницијални и финални тест у овом истраживању два различита теста.

Прегледом важећих уџбеника хемије за осми разред основне школе утврђено је који је садржај о својствима кисеоника и угљен-диоксида, и примени ових гасова, био доступан свим ученицима у узорку пре реализације



истраживања. На основу тога креиран је иницијални тест. Иницијални тест имао је четири задатка са укупно 15 захтева, од чега су 12 затвореног и три отвореног типа. Ученици су имали претходно искуство у решавању таквих типова задатака.

Финални тест је креиран с циљем да се утврде ефекти два приступа на оспособљеност ученика да опишу, објасне и изведу закључке у вези са својствима и практичном применом гасова. Овај тест садржи осам задатака са укупно 16 захтева, девет затвореног и седам отвореног типа. Штампани материјал, који је одговарао сваком од приступа, пружао је једнаку основу сваком ученику да одговори на захтеве финалног теста, тако да је избегнуто фаворизовање било ког од два приступа.

Оба теста садрже задатке/захтеве повезане са концептуалним великим идејама науке и специфичним контекстуалним великим идејама презентованим на сликама 3.2 и 3.3. Велике идеје које су дефинисали Де Јонг и Таланкуер (De Jong and Talanquer, 2015), концептуалне и контекстуалне идеје о гасовима које су део тих великих идеја, као и питања са иницијалног и финалног теста у вези са тим идејама приказане су у Табели 3.18.

**Табела 3.18** Концептуалне и контекстуалне идеје обухваћене иницијалним и финалним тестом

Велике идеје (De Jong and Talanquer, 2015)	Део великих идеја	Тип великих идеја на иницијалном тесту	Питања на иницијалном тесту	Тип великих идеја на финалном тесту	Питања на финалном тесту
	Кисеоник је потребан у реакцији оксидације (сагоревање) за разлику од угљен-диоксида.	Концептуална	1а1, 1б1	Концептуална	1А, 1Б
				Контекстуална	2А, 3*
Хемијске реакције	Поједини гасови реагују са водом и граде киселине.	Концептуална	2г	Контекстуална	3*
	Гасови могу бити реактанти и производи у хемијским реакцијама.	Концептуална	3а, 3б, 3в, 3г	Концептуална	7А, 7Б, 7В, 7Г

	Биљке троше угљен-диоксид и производе кисеоник у процесу фотосинтезе.	Концептуална	4а, 4б	Контекстуална	8А, 8Б**
Релације структуре и својстава	Густина појединачних гасова се разликује од густине ваздуха.	Концептуална	1а2, 1б2	Контекстуална	2Б, 3*
	Појединачни гасови се разликују према растворљивости у води.	Концептуална	2в	Концептуална	5А, 5Б
Реакциона енергија	Сунчева светлост је извор енергије за процес фотосинтезе.	Концептуална	4в	Контекстуална	8Б**
Хемијски производи у свакодневном животу	Гасови се користе у производњи газираних пића.	Контекстуална	2а	Контекстуална	4А, 4Б
	Гасови се употребљавају у медицинске сврхе.	Контекстуална	2б	Контекстуална	6

\*Задатак под редним бројем три је отвореног типа, подстиче дивергентно мишљење, па одговори ученика на ово питање могу бити повезани са две велике идеје (*Хемијске реакције* и *Релације структуре и својстава*)

\*\*Захтев 8Б је отвореног типа, тако да потпун одговор обухвата две велике идеје (*Хемијске реакције* и *Реакциону енергију*)

Валидност тестова према наставном програму и циљу истраживања је проверило шест наставника хемије који раде у основној школи. Они су процењивали да ли оба приступа пружају једнаку шансу ученицима из групе А и групе Б да одговоре на питања финалног теста. Такође, ови наставници су учествовали у кодирању одговора на питањима отвореног типа из финалног теста (Прилог 12). Примењени инструменти у овом истраживању као и систем

кодирања резултат су консензуса ових наставника. Одговори ученика на питања иницијалног и финалног теста статистички су обрађени помоћу програма *SPSS Statistics 17.0*.

Поузданост тестова је испитана помоћу Cronbach's  $\alpha$  коефицијента. Добијене ниске вредности Cronbach's  $\alpha$  коефицијената указују да поузданост примењених инструмената није висока (вредност Cronbach's  $\alpha$  коефицијента за иницијални тест износи 0,476, а за финални тест 0,165). Међутим, имајући у виду да се истраживање односило на систематизацију знања, где се фрагментираност у знању ученика одражава на њихова постигнућа, као и то да су се питања на финалном тесту у погледу контекста разликовала од оних која се уобичајено постављају ученицима током редовне наставе, израчунате вредности Cronbach's  $\alpha$  коефицијената би требало разматрати са резервом као индикаторе поузданости примењених инструмената.

### ***3.2.2. Предмет, циљ и организација праћења и проверавања ученичких постигнућа базираног на епизодама из историје хемије***

Предмет истраживања били су ефекти примене историје хемије као контекста за проверавање ученичких постигнућа. Циљ истраживања био је испитивање идеја ученика о хемијским реакцијама и тешкоћа у разумевању Закона одржања масе у тим реакцијама кроз приступ који обухвата епизоде из историје хемије повезане са одржањем масе у хемијским реакцијама. У истраживању су учествовали ученици седмог и осмог разреда основне школе и ученици другог разреда гимназије природно-математичког смера (узраст 13, 14 и 16 година). Према наставним програмима хемије за основну школу и гимназију у нашој земљи, сви ученици у узорку учили су Закон одржања масе пре овог истраживања (Закон одржања масе се први пут обрађује у седмом разреду основне школе).

#### ***3.2.2.1. Праћење и проверавање ученичких постигнућа у вези са Законом одржања масе***

Закон одржања масе је изабран за истраживање као важна основа за ученичко разумевање квантитативних аспеката хемијских промена супстанци. То је важна полазна тачка за ученичко разумевање значења и успешно писање

једначина хемијских реакција. Међутим, резултати у литератури описаних истраживања указују да велики број ученика не може да предвиди и објасни промене масе у хемијским реакцијама, нити да успешно изведе стехиометријска израчунавања (Ben-Zvi *et al.*, 1988; Hesse and Anderson, 1992; Mulford and Robinson, 2002; Ozmen and Ayas, 2003).

На основу постављеног циља дефинисано је **истраживачко питање**:

Да ли епизоде из историје хемије о открићу Закона одржања масе могу да помогну ученицима основне школе и гимназије да разумеју овај закон у контексту савремених школских експеримената и реалног живота?

### 3.2.2.1.a Узорак истраживања

Укупно 301 ученик седмог и осмог разреда основне школе (узраст 13 и 14 година) и другог разреда гимназије природно-математичког смера (узраст 16 година) учествовао је у истраживању (Табела 3.19). Истраживање је спроведено са ученицима из шест основних школа и три гимназије. Све основне школе, обухваћене истраживањем, налазе се у Београду, док су две гимназије из Београда, а једна из Аранђеловца. При томе је вођено рачуна да услови у изабраним школама одговарају просечним условима у којима се реализује настава хемије у Србији (Matijašević *et al.*, 2013). Пре почетка истраживања, пројекат истраживања је представљен активу наставника природних наука у свакој од школа у узорку, како бисмо добили сагласност за учешће у истраживању. Након што су добијене неопходне дозволе, сачињени су уговори којима је регулисана сарадња између Хемијског факултета Универзитета у Београду и школа из узорка, потписани од стране декана Хемијског факултета и директора сваке школе.

**Табела 3.19** Број ученика у узорку према разреду и типу школе

Школа	Основна		Гимназија
	7. разред	8. разред	2. разред
Број ученика	90	107	104

### 3.2.2.1.б Процедура истраживања

Истраживање је спроведено на крају школске године, након што су ученици обрадили све програмом предвиђене теме за одређени разред. Тестирање сваке групе ученика трајало је један школски час (45 минута). Докторанд је

спровео тестирање у свакој групи ученика. На почетку часа ученицима је објашњена сврха истраживања и саопштено да ће прикупљени подаци бити употребљени само за потребе истраживања и да неће ни на који начин утицати на њихову оцену из хемије. Учешће ученика у тестирању је било добровољно, односно уколико нису желели нису морали да приступе решавању теста.

### *3.2.2.1.в Прикупљање и анализа података*

У циљу добијања одговора на истраживачко питање конструисан је тест, који садржи 10 задатака са укупно 18 захтева, 12 отвореног и шест затвореног типа (Прилог 13). Задаци/захтеви су дизајнирани на основу анализе садржаја о Закону одржања масе у актуелним уџбеницима хемије за основну школу и гимназију.

На основу резултата анализе садржаја постојећег курикуларног материјала и познатих историјских чињеница о открићу Закона одржања масе (Partington, 1937; Brock, 2000; Grdenić, 2001) и раду тројице научника, Антоана Лавоазјеа (Antoine - Laurent de Lavoisier), Михаила Василевича Ломоносова (Михаил Васиљевич Ломоносов) и Ханса Хенриха Ландолта (Hans Heinrich Landolt), састављени су текстови који су укључени у тест. У циљу праћења разумевања прочитаног и способности издвајања информација из текстова, које су релевантне за формулисање одговора на питања теста, од ученика је захтевано да подвуку делове текстова на основу којих су формулисали одговоре.

Тест је садржао и додатни текст са описима и сликама поставки експеримената у школској лабораторији. То је омогућило формирање питања на тесту која се односе на: (1) историјски садржај који илуструје експериментални рад научника; (2) опис експеримената у школској лабораторији и (3) ситуације из реалног живота. На тај начин, ученици су имали могућност да покажу њихово разумевање Закона одржања масе у два контекста, једном базираном на епизодама из историје хемије и другом савременом, базираном на школским експериментима и ситуацијама из реалног живота. Тестирање није укључивало извођење експеримената који су у тесту описани.

Један од корака у планирању истраживања био је дефинисање индикатора ученичког разумевања који се могу пратити на основу постигнућа остварених на

тесту. Ти индикатори и захтеви теста у којима се они могу јавити наведени су у Табели 3.20.

**Табела 3.20** Индикатори ученичког разумевања и захтеви теста којима су праћени

Индикатори	Опис	Број задатка/захтева
1. Предвиђање резултата експеримента	На основу описа експеримента и слика	5.А); 6.А); 6.В); 7.А); 8.А); 8.Б)
2. Формулисање објашњења	На основу текста који се односи на експериментални рад научника	2, 3, 4, 9
	На основу описа експеримента и слика	5.В); 6.Б); 6.Г); 8.В)
3. Формулисање закључака	На основу текста који се односи на експериментални рад научника	1.
	На основу описа експеримента и слика	5.Б); 7.Б)
4. Повезивање	Повезивање теоријског знања и ситуација из реалног живота	10.

Валидност инструмента према постављеном циљу истраживања проверило је 12 наставника хемије (пет наставника из основне школе и седам из гимназије). Наставници су процењивали да ли су ученици из све три групе, током редовних часова хемије имали могућност да развију неопходно предзнање за разумевање информација које су презентоване у тесту путем текста или слике, и да ли је према томе могуће очекивати да ученици из сваке групе могу да одговоре на захтеве теста. Кодирање ученичких одговора, тј. одређивање да ли је одговор потпуно или делимично тачан, урађено је у сарадњи са овим наставницима (Прилог 14).

Поузданост је испитана помоћу Cronbach's  $\alpha$  коефицијента који показује корелацију сваког питања са сумом свих осталих питања. Добијена вредност 0,603 указује на слабу корелацију између одговора ученика на питања (Cronbach's  $\alpha$  која износи 0,70 је често сматрана индикатором прихватљиве поузданости). Међутим, у литератури се може пронаћи и мишљење да је вредност Cronbach's  $\alpha$  коефицијента неодговарајући индикатор поузданости у ситуацији када ученици поседују фрагментирано разумевање хемије (Adams and Wieman, 2011; Luxford and Bretz, 2014; Lu and Bi, 2016).

Прикупљени подаци обрађени су помоћу статистичког програма за друштвене науке *SPSS Statistics 17.0*.

## 4. Резултати и дискусија

### 4.1. Резултати и дискусија прелиминарних истраживања

#### 4.1.1. Резултати и дискусија испитивања ставова наставника хемије о појединим аспектима природе науке и ставова о примени историјског контекста у настави хемије

Резултати до којих се дошло у оквиру првог прелиминарног истраживања реализованог са наставницима хемије, организовани су према групама питања из упитника и представљени су у наставку.

##### 4.1.1.1. Ставови наставника хемије о појединим карактеристикама природе науке и о важности примене историје и филозофије науке у образовању у области природних наука

У Табели 4.1 приказан је степен слагања наставника хемије са исказима којима су описане неке од карактеристика природе науке, као и исказима о важности примене историје и филозофије науке у образовању у области природних наука.

**Табела 4.1** Ставови наставника хемије о карактеристикама природе науке и важности примене историје и филозофије науке у образовању у области природних наука, изражени на четворостепеној Ликертовој скали (1 - не слажем се; 2 - делимично се слажем; 3 - потпуно се слажем; 4 - немам мишљење),  $N = 272$

Исказ	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	Без одговора (%)
У науци има места за маштовитост и креативност.	0,0	13,6	84,6	1,5	0,4
Научне теорије се стално преиспитују.	2,2	39,3	49,6	2,6	6,3
На часовима природних наука потребно је више садржаја из историје и филозофије науке.	23,2	55,1	15,8	3,6	2,2
Садржаји из историје науке доприносе развијању позитивног става о науци код ученика.	3,7	52,9	36,4	4,4	2,6
Познавање историје и филозофије науке доприноси квалитетнијем решавању проблема савременог друштва.	7,4	58,1	27,9	3,7	2,9

Наставници у узорку, осим њих четворо који су одговорили да немају мишљење у вези с наведеним исказом и једног наставника који није одговорио на захтев, сагласни су да у науци има места за маштовитост и креативност. Делимично слагање изразило је 13,6 %, а потпуно 84,6 % испитаника. Добијени резултат је охрабрујући, имајући у виду да природне науке, за разлику од друштвених наука или уметности, углавном нису опажене као области чија би настава могла да подстакне испољавање креативног мишљења ученика (Newton and Newton, 2009).

Слагање са исказом, да су научне теорије подложне промени, изразило је приближно 90 % наставника. Међу њима, више је оних наставника који су изразили потпуно слагање с исказом у односу на број оних који се делимично слажу (разлика износи 10,3 %). У поређењу са резултатима истраживања који се могу наћи у литератури (Murcia and Schibeci, 1999; Halai, 2010; Ornek and Turkey, 2014), наставници из узорка овог истраживања су у већем проценту препознали променљивост научног знања као карактеристику природе науке.

Више од половине наставника из узорка се делимично слаже да је на часовима природних наука потребно више садржаја из историје и филозофије науке, да садржаји из историје науке доприносе развијању позитивног става о науци код ученика и да познавање историје и филозофије науке доприноси квалитетнијем решавању проблема савременог друштва. Потпуно слагање у вези са ова три исказа изразило је мање испитаника (од 15,8 % до 36,4 %). Процент испитаника који су изразили делимично или потпуно слагање у вези с овим исказима (изнад 70 %), охрабрио нас је да планирамо приступе који се заснивају на садржајима из историје хемије, а могу се користити за учење хемијских концепата или проверавање ученичких постигнућа.

Применом табела контингенције (*crosstabulation*) испитано је да ли су наставници, који су током иницијалног образовања похађали курсеве из историје хемије и филозофије природних наука, изразили већи степен слагања са исказима наведеним у Табели 4.1 у односу на наставнике који током иницијалног образовања нису похађали та два курса. Израчунате вредности хи квадрата указују на постојање статистички значајне повезаности између похађања курса из историје хемије и ставова наставника о потреби за више садржаја из историје и



филозофије науке на часовима природних наука ( $\chi^2=13,186$ ;  $df=4$ ;  $p=0,010$ ), као и ставова о доприносу садржаја из историје науке развијању позитивног става о науци код ученика ( $\chi^2=10,748$ ;  $df=4$ ;  $p=0,030$ ). Вредности израчунатог Крамеровог коефицијента (*Cramer's V*) у оба случаја указују на скромну корелацију која износи 0,220 ( $p=0,010$ ), односно 0,199 ( $p=0,030$ ). Статистички значајна повезаност није пронађена између похађања курса из историје хемије и два исказа који се односе на карактеристике природе науке, као и исказа који се односе на допринос познавања историје и филозофије науке квалитетнијем решавању проблема савременог друштва. На исти начин, није утврђена статистички значајна повезаност између похађања курса из филозофије природних наука и било којег од исказа из Табеле 4.1.

#### **4.1.1.2. Начини на који наставници хемије презентују науку ученицима и тип и фреквенција активности ученика и наставника са потенцијалом да се унапреди разумевање природе науке**

Нешто мање од половине наставника из узорка није пружио одговор на питање како ученицима дефинише науку (44,5 %). Добијени одговори су разврстани према сличности садржаја и приказани у Табели 4.2.

**Табела 4.2** Начин на који испитаници дефинишу науку ученицима

<b>Одговор испитаника</b>	<b>N (272)</b>	<b>% (100)</b>
Као природну и експерименталну	23	8,4
Као процес истраживања који води до открића и стицања нових знања	21	7,7
Као све што нас окружује. Наука помаже да боље разумемо свет у коме живимо	18	6,6
Наука објашњава појаве и законитости у природи	18	6,6
Наведена дефиниција хемије	15	5,5
Као скуп знања	15	5,5
Не дефинишем је	7	2,6
Кроз различите приче, презентације и примере	6	2,2
Као светло водилу, као лепу и корисну, као нешто што пружа велике могућности	5	1,8
Као употребу стеченог знања за откривање нечег новог	5	1,8
Кроз различите експерименте	3	1,1
Као неопходну за напредак друштва	3	1,1
Као област која дефинише одређене појмове	3	1,1
Према плану и програму	3	1,1
Кроз играње и забаву	2	0,7
Као експеримент који се стално преиспитује	2	0,7
Као машту и креативност	1	0,4
Као природну или друштвену, у зависности од тога шта проучава	1	0,4
Без одговора	121	44,5

Запажено је да наставници хемије, науку често поистовећују са природним наукама (8,4 %) или само са хемијом (5,5 %). Само је један испитаник у свом одговору навео да се могу разликовати природне и друштвене науке. Међу фреквентнијим одговорима налазе се они који указују да је наука процес истраживања (7,7 %), као и одговори који указују на свеприсутност науке и њен допринос квалитетнијем животу у савременом друштву (6,6 %). Наука је дефинисана и као скуп знања (5,5 %), али и као употреба стеченог знања за откривање нечег новог (1,8 %). Поједини испитаници су одговорили да науку дефинишу кроз презентовање различитих прича, експеримената, кроз игру и забаву. Два наставника су у својим одговорима, да је наука експеримент који се стално преиспитује, имплицитно указала на главну карактеристику природе науке - да је научно знање подложно промени, док се један испитаник у одговору осврнуо на важност маште и креативности у научном раду.

У Табели 4.3 приказани су тип и фреквенција активности ученика и наставника са потенцијалом да се унапреди разумевање природе науке.

**Табела 4.3** Тип и фреквенција активности ученика и наставника које имају потенцијал да унапреде разумевање природе науке (1 - никад; 2 - понекад; 3 - често; 4 - врло често; 5 - увек),  $N = 272$

Активност	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)	Без одговора (%)
Читам текстове о историји природних наука.	3,7	56,3	24,3	13,2	1,8	0,7
Читам текстове о филозофији природних наука.	22,4	56,3	12,1	5,9	0,7	2,6
На часовима примењујем текст методу.	4,4	42,3	33,1	13,6	2,6	4,0
На часовима помињем садржаје из историје науке.	2,2	41,5	31,6	17,6	5,5	1,5
На часовима подстичем активности ученика које су сличне активностима научника.	5,9	46,0	26,8	12,9	4,4	4,1
На часовима организујем дебате о начину долажења до научних открића и етици у науци.	17,3	50,7	22,8	7,4	0,7	1,1
Ученицима задајем да пишу есеје о научницима и научним открићима.	24,3	50,4	18,4	3,7	1,8	1,5

Нешто више од половине наставника из узорка понекад чита текстове из историје и филозофије природних наука, што су активности које би могле да допринесу унапређивању разумевања природе науке. Наставници чешће читају текстове из историје природних наука, него текстове из филозофије природних

наука. Око 90 % наставника примењује текст методу у настави, али се учесталост те примене разликује. Највећи проценат испитаника (42,3 %) повремено примењује ову методу, док одговор трећине наставника (33,1 %) указује да је ова метода наставе често заступљена у њиховој наставној пракси. Податак о учесталости примене текст методе смо прикупили из разлога што је то најзаступљенија метода наставе примењена у главним истраживањима ове дисертације.

Учесталост помињања садржаја из историје науке на часовима испитаника окарактерисана је као повремена или честа. Око половина наставника из узорка понекад подстиче активности ученика које су сличне активностима научника, организује дебате о начину долажења до научних открића и етици у науци, и задаје ученицима да пишу есеје о научницима и научним открићима. Запажено је да, од поменутих активности, на часовима испитаника најчешће изостају активности ученика које подразумевају писање есеја и учешће у дебатама. Последице изостајања дебата и активности аргументовања могу се огледати у слабо развијеном критичком мишљењу ученика, проблемима приликом формулисања аргумената и доношења одлука на основу тих аргумената.

Применом табела контингенције, одређивањем хи квадрата и Крамеровог коефицијента испитано је да ли наставници, који су током иницијалног образовања похађали курсеве из историје хемије и филозофије природних наука, чешће реализују активности наведене у Табели 4.3 од испитаника који те курсеве нису похађали. На основу добијених вредности хи квадрата ( $\chi^2 \leq 8,690$ ), неприхватљивог нивоа значајности ( $p > 0,05$ ) и ниских вредности Крамеровог коефицијента ( $Cramer's V \leq 0,179$ ) може се закључити да не постоји статистички значајна повезаност између похађања ових курсева и учесталости којом испитаници реализују активности које би могле да допринесу унапређивању разумевања природе науке.

#### ***4.1.1.3. Ставови наставника хемије о примени историје хемије у настави хемије за ученичко боље разумевање хемијских концепата***

Висок проценат испитаника (80,1 %), потпуно је сагласан да је развијање научног мишљења ученика важан циљ наставе хемије (Табела 4.4). На основу

таквог резултата могло би се очекивати да наставници на часовима хемије организују активности ученика које доприносе реализовању поменутог циља, јер уверења наставника у вези са наставом/учењем природних наука обликују њихову наставну праксу (Van Driel *et al.*, 1998). Међутим, учесталост активности описаних у три последња исказа из Табеле 4.3 указују да је ситуација у пракси другачија и да наставници не организују довољно активности кроз које се може сагледати научни метод, а које би могле да допринесу развијању научног мишљења код ученика.

**Табела 4.4** Степен слагања наставника хемије са исказом да је развијање научног мишљења ученика важан циљ наставе хемије изражен на четворостепеној Ликертовој скали (1 - не слажем се; 2 - делимично се слажем; 3 - потпуно се слажем; 4 - немам мишљење),  $N = 272$

Исказ	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	Без одговора (%)
Развијање научног мишљења ученика је важан циљ наставе хемије.	0,7	15,8	80,1	2,2	1,1

Најзаступљенији садржаји из историје хемије на часовима испитаника приказани су у Табели 4.5. Иако је инструкција уз ово питање гласила да је потребно заокружити слово испред одговора са којим се испитаник слаже (указујући на једнину), више од четвртине наставника из узорка (26,1 %) определило се за више од једног понуђеног одговора.

**Табела 4.5** Најзаступљенији садржаји из историје хемије на часовима испитаника

Садржаји из историје хемије	$N$ (272)	% (100)
Биографије научника	30	11,0
Године различитих открића	36	13,2
Начини долажења до открића	124	45,6
Комбинација више одговора	71	26,1*
Ништа од наведеног	9	3,3
Без одговора	2	0,7

\* Најфреквентнија комбинација одговора била је *године различитих открића* и *начини долажења до открића* (9,2 %), затим *биографије научника* и *начини долажења до открића* (5,9 %), док су у једнаком проценту биле заступљене комбинација *биографије научника* и *година различитих открића* и комбинација сва три одговора (5,5 %).

Садржаји из историје хемије о томе како се до одређеног открића дошло заступљени су на часовима нешто мање од половине испитаника. Уколико узмемо

у обзир виђење испитаника да је развијање научног мишљења ученика важан циљ наставе хемије, од свих понуђених садржаја из историје хемије, они који се односе на начине долажења до открића, у највећој мери могу допринети његовом остваривању. Другим речима, презентовање начина на који су научници долазили до открића може послужити као модел ученицима за развој научног мишљења.

Мишљења наставника о заступљености садржаја из историје хемије у уџбеницима хемије су подељена, тј. приближан проценат испитаника сматра да су историјски садржаји у уџбеницима хемије довољно, односно недовољно заступљени (Табела 4.6).

**Табела 4.6** Мишљење испитаника о заступљености садржаја из историје хемије у уџбеницима хемије

<b>Садржаји из историје хемије су у уџбеницима хемије:</b>	<b>N (272)</b>	<b>% (100)</b>
Довољно заступљени	118	43,4
Недовољно заступљени	105	38,6
Немам мишљење	48	17,6
Без одговора	1	0,4

Добијени резултат вероватно је повезан с чињеницом да је на тржишту у понуди више уџбеника хемије за основну школу. У зависности од тога који уџбеник користе ученици испитаника, могу се разликовати виђења наставника о заступљености садржаја из историје хемије у тим уџбеницима. Како историјски садржаји нису део наставног програма хемије, ауторима уџбеника је остављен избор додавања или изостављања тих садржаја приликом креирања уџбеника (Zaragoza and Fernandez-Novell, 2003). Не тако мали проценат наставника (17,6 %) нема мишљење у вези са заступљеношћу садржаја из историје хемије у уџбеницима хемије, па се може претпоставити да ти наставници нису разматрали садржаје из историје хемије као структурну компоненту уџбеника хемије.

Мишљење испитаника о томе како ученици опажају садржаје из историје хемије приказано је у Табели 4.7. Две трећине наставника из узорка сматра да су садржаји из историје хемије корисни и занимљиви ученицима. Само три наставника ове садржаје сматра некорисним и незанимљивим за ученике, док су остали наставници, који су пружили одговор, дали предност или корисности или занимљивости садржаја из историје хемије.

**Табела 4.7** Мишљење испитаника о садржајима из историје хемије из угла ученика

Садржаји из историје су ученицима:	<i>N</i> (272)	% (100)
Корисни и занимљиви	182	66,9
Корисни али незанимљиви	37	13,6
Некорисни али занимљиви	42	15,4
Некорисни и незанимљиви	3	1,2
Без одговора	8	2,9

У Табели 4.8 приказана је процена наставника хемије о доприносу који за ученичко разумевање хемијских концепата има презентовање садржаја хемије у историјском контексту.

**Табела 4.8** Процена наставника о доприносу презентовања садржаја хемије кроз епизоде из историје хемије ученичком разумевању хемијских концепата

Допринос епизоде из историје хемије за разумевање хемијских концепата	<i>N</i> (272)	% (100)
Нема доприноса	7	2,6
Мали допринос	70	25,7
Умерен допринос	151	55,5
Велики допринос	40	14,7
Без одговора	4	1,5

Нешто више од половине испитаника сматра да презентовање садржаја хемије кроз епизоде из историје хемије умерено доприноси ученичком разумевању садржаја хемије. Овај допринос је оцењен као мали од стране нешто више од четвртине испитаника из узорка, док око 15 % испитаника сматра да је допринос садржаја из историје хемије разумевању хемијских појмова велики. Свега седам од 272 наставника из узорка мишљења је да садржаји из историје хемије не доприносе разумевању хемијских концепата. На основу добијених одговора могло би се закључити да наставници хемије немају дилему да ли употреба садржаја из историје хемије доприноси разумевању садржаја хемије, али нису сигурни приликом евалуирања тог доприноса. Узрок томе може бити недостатак искуства у планирању и примени приступа који подразумева садржаје из историје хемије, а самим тим и недостатак увида у ефекте примене таквог приступа.

Одговори наставника о поређењу ефеката презентовања садржаја хемије у контексту историје хемије и у контексту савременог живота на ученичко разумевање садржаја хемије приказани су у Табели 4.9.

**Табела 4.9** Процена наставника о ефектима примене контекста историје хемије у односу на ефекте примене контекста савременог живота на ученичко разумевање хемијских концепата

<b>Допринос историјског контекста разумевању хемијских концепата у односу на допринос контекста савременог живота</b>	<b>N (272)</b>	<b>% (100)</b>
Мањи допринос	59	21,7
Већи допринос	89	32,7
Једнак допринос	103	37,9
Без одговора	21	7,7

Највећи проценат наставника из узорка (37,9 %) виђења је да презентовање садржаја хемије кроз епизоде из историје хемије једнако доприноси ученичком разумевању хемијских концепата као и презентовање садржаја хемије у контексту савременог живота. Предност контексту историје хемије у односу на контекст савременог живота дала је приближно трећина наставника из узорка, док нешто више од петине наставника из узорка сматра да је допринос контекста историје хемије мањи у односу на допринос контекста савременог живота. Можемо претпоставити да су се приликом формулисања одговора на ово, као и на претходна два питања, осим искуства из наставне праксе у примени ова два контекста, одразили и лични афинитети наставника хемије према садржајима из историје хемије. Другим речима, наставници који су више заинтересовани за историјске садржаје пре могу дати предност контексту историје хемије у односу на неке друге контексте од наставника који немају интересовања за садржаје из историје хемије.

Садржаји хемије, који су према мишљењу наставника хемије, погодни за учење кроз епизоде из историје хемије приказани су у Табели 4.10. Нешто више од четвртине наставника из узорка (27,2 %) није одговорило на ово питање, а наставници који су пружили одговор наводили су више садржаја, тако да је укупан број одговора на ово питање већи од броја испитаника. Највећи број испитаника (40,8 %) навео је структуру атома као садржај хемије који се може обрадити кроз садржаје из историје хемије. С обзиром на то да се у уџбеницима хемије уобичајено наводе садржаји из историје хемије о различитим моделима структуре атома и имена научника који су их поставили, није изненађујућа висока фреквенција овог одговора. Следећи најфреквентнији одговор јесте Периодни

систем елемената (27,9 %), што је очекивано ако се узме у обзир да је Менделејев најчешће помињан научник на часовима испитаника (Табела 4.11), а такође и њихов омиљен научник (Табела 4.12). Више од 30 наставника навело је хемијске симболе и садржаје о открићу елемената као погодне за обраду кроз епизоде из историје хемије. Метали и неметали, уводне лекције из хемије, где је посебно издвојен увод у органску хемију, основни хемијски закони, такође су међу фреквентнијим одговорима, али проценат наставника који су наводили те садржаје није већи од 10 %.

**Табела 4.10** Садржаји хемије погодни за обраду кроз епизоде из историје хемије

Садржај	<i>N</i> (272)	% (100)
Структура атома	111	40,8
Периодни систем елемената	76	27,9
Хемијски симболи	36	13,2
Откриће елемената	34	12,5
Метали	29	10,7
Увод у хемију, настанак и развој хемије	20	7,4
Неметали	19	7,0
Основни хемијски закони	17	6,3
Органска хемија (увод)	13	4,8
Смеше (легури)	8	2,9
Угљоводоници (фракције нафте, структура бензена)	7	2,5
Соли (руде и минерали, добијање соли)	6	2,1
Синтеза хемијских једињења (уреа, аспирин)	5	1,8
Биохемија	5	1,8
Алхемија	5	1,8
Примена супстанци	4	1,5
Назив елемената	4	1,5
Хемијске реакције	4	1,5
Живот и рад научника, век открића	4	1,5
Научни метод	4	1,5
Стехиометрија	3	1,1
Неорганска хемија	3	1,1
Општа хемија	2	0,7
Радиоактивност	2	0,7
Бојни отрови	1	0,4
Нобелове награде	1	0,4
Корозија метала	1	0,4
Тврде и меке воде	1	0,4
Оксиди	1	0,4
Електролитичка дисоцијација	1	0,4
Сапуни	1	0,4
Сви садржаји у 7. и 8. разреду	1	0,4
Без одговора	74	27,2



Садржаји из историје хемије, којима смо се касније бавили у оквиру главних истраживања, односили су се на увод у органску хемију, неметале (својства и примена гасова) и основне хемијске законе (Закон одржања масе). Из тог разлога била нам је од значаја информација да наставници ове садржаје препознају као погодне за обраду у историјском контексту, али да их у високом проценту не обрађују на тај начин.

У Табели 4.11 наведена су имена научника, које наставници највише помињу на часовима хемије. И у овом случају, наставници су наводили више од једног одговора.

**Табела 4.11.** Научници које наставници највише помињу на часовима хемије

Научник	N (272)	% (100)
Дмитриј Менделејејев (Дмитриј Иванович Менделџев)	189	69,5
Антоан Лавоазје (Antoine-Laurent de Lavoisier)	98	36,0
Џон Далтон (John Dalton)	75	27,6
Јакоб Берцелијус (Jöns Jacob Berzelius)	43	15,8
Џозеф Пруст (Joseph Louis Proust)	41	15,1
Михаил Ломоносов (Михаил Васиљевич Ломоносов)	34	12,5
Марија Кири (Maria Skłodowska-Curie)	27	9,9
Нилс Бор (Niels Henrik David Bohr)	27	9,9
Амедео Авогадро (Amedeo Avogadro)	25	9,2
Сима Лозанић	22	8,1
Ернест Радерфорд (Ernest Rutherford)	20	7,4
Демокрит ( Δημόκριτος)	17	6,3
Сванте Аренијус (Svante August Arrhenius)	17	6,3
Леукип ( Λεύκιπλος)	10	3,7
Алберт Ајнштајн (Albert Einstein)	10	3,7
Алфред Нобел (Alfred Bernhard Nobel)	9	3,3
Хенри Кевендиш (Henry Cavendish)	7	2,6
Пјер Кири (Pierre Curie)	6	2,2
Никола Тесла	6	2,2
Џозеф Томсон (Joseph John Thomson)	4	1,5
Фридрих Велер (Friedrich Wöhler)	4	1,5
Волфганг Паули (Wolfgang Ernst Pauli)	3	1,1
Роберт Бојл (Robert Boyle)	3	1,1
Анри Ле Шателе (Henry Louis Le Châtelier)	3	1,1
Гилберт Луис (Gilbert Newton Lewis)	3	1,1
Научници релевантни за тему	3	1,1
Де Брољ (Louis de Broglie)	2	0,7
Фридрих Хунд (Friedrich Hermann Hund)	2	0,7
Фридрих Кекуле (Friedrich August Kekulé von Stradonitz)	2	0,7
Аристотел (Αριστοτέλης)	2	0,7
Исак Њутн (Isaac Newton)	2	0,7
Ернест Хекел (Ernst Heinrich Philip Haeckel)	1	0,4
Ирена Кири (Irène Joliot-Curie)	1	0,4

Вернер Хајзенберг (Werner Karl Heisenberg)	1	0,4
Џозеф Пристли (Joseph Priestley)	1	0,4
Мајкл Фарадеј (Michael Faraday)	1	0,4
Вилхелм Рендген (Wilhelm Conrad Röntgen)	1	0,4
Енрико Ферми (Enrico Fermi)	1	0,4
Жозеф Геј Лисак (Joseph Louis Gay-Lussac)	1	0,4
Хенри Хес (Germain Henri Hess)	1	0,4
Карл Шеле (Carl Wilhelm Scheele)	1	0,4
Алберт Сент Ђерђи (Nagyrápolti Szent-Györgyi Albert)	1	0,4
Ирињи Јанош (Irinyi János)	1	0,4
Едвард Телер (Edward Teller)	1	0,4
Михаило Рашковић	1	0,4
Изак Колтхоф (Izaak Maurits Kolthoff)	1	0,4
Хемфри Дејви (Humphry Davy)	1	0,4
Георг Ом (Georg Simon Ohm)	1	0,4
Андре Ампер (André-Marie Ampère)	1	0,4
Џејмс Максвел (James Clerk Maxwell)	1	0,4
Ервин Шредингер (Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger)	1	0,4
Архимед (Αρχιμήδης)	1	0,4
Вилијам Ремзи (William Ramsay)	1	0,4
Милева Марић	1	0,4
Има их доста	1	0,4
Без одговора	45	16,5

Менделејејев је научник кога највећи број наставника помиње на својим часовима (69,5 %). Иако су основни хемијски закони наведени од стране свега 6,3 % испитаника као садржаји погодни за обраду кроз епизоде из историје хемије, знатно већи проценат наставника помиње научнике заслужне за откриће ових закона: Лавоазјеа (36,0 %), Пруста (15,1 %) и Ломоносова (12,5 %). На основу овог поређења могло би се претпоставити да наставници помињу имена научника заслужних за велика открића у хемији, али да се не баве обрадом програмских садржаја у вези с тим открићима у контексту историје хемије. Више од четвртине наставника из узорка помиње Далтона, творца атомске теорије. Око 15 % наставника на часовима помиње Берцелијуса, једног од највећих ауторитета у хемији 19. века. Филозофе/научнике заслужне за откриће структуре атома (Леукип, Демокрит, Томсон, Радерфорд, Бор) помиње мање од 10 % испитаника, иако је структура атома од стране највећег броја наставника оцењена као погодна за обраду кроз епизоде из историје хемије (Табела 4.10). Међу одговорима испитаника налазе се имена три научнице: Марије Кири (9,9 %), Ирене Кири и Милеве Марић (0,4 %). Имена два српска хемичара су међу одговорима. То су имена првог српског хемичара Михаила Рашковића (0,4 %) и највећег српског

хемичара Симе Лозанића (8,1 %). И на овом питању које је било отвореног типа, значајан број наставника из узорка није пружио одговор (16,5 %).

#### 4.1.1.4. Омиљени научници испитаника

Последњим питањем у упитнику прикупљени су подаци о омиљеном научнику испитаника. За разлику од броја имена научника које наставници помињу на часовима хемије, мањи је број имена научника које су наставници издвојили као омиљене (Табела 4.12). Нешто више од трећине наставника се није изјаснило о свом омиљеном научнику (34,6 %), док је њих дванаест истакло да нема омиљеног научника. Највише наставника из узорка (њих 154), као одговор на питање о омиљеном научнику, навело је име једног научника, десет испитаника је навело два имена, док су у одговорима три испитаника три научника наведена као омиљена (Табела 4.13).

**Табела 4.12.** Омиљени научници испитаника

Научник	N (272)	% (100)
Дмитриј Менделејејев (Дмитриј Иванович Менделџев)	84	30,9
Марија Кири (Maria Skłodowska-Curie)	34	12,5
Никола Тесла	16	5,9
Антоан Лавоазје (Antoine-Laurent de Lavoisier)	8	3,0
Алберт Ајнштајн (Albert Einstein)	6	2,2
Џон Далтон (John Dalton)	5	1,8
Сима Лозанић	4	1,5
Сванте Аренијус (Svante August Arrhenius)	3	1,1
Џозеф Пруст (Joseph Louis Proust)	2	0,7
Амедео Авогадро (Amedeo Avogadro)	2	0,7
Јакоб Берцелијус (Jöns Jacob Berzelius)	2	0,7
Ервин Шредингер (Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger)	2	0,7
Нилс Бор (Niels Henrik David Bohr)	2	0,7
Стивен Хокинг (Stephen William Hawking)	1	0,4
Ернест Радерфорд (Ernest Rutherford)	1	0,4
Павле Савић	1	0,4
Милева Марић	1	0,4
Вернер Хајзенберг (Werner Karl Heisenberg)	1	0,4
Архимед (Αρχιμήδης)	1	0,4
Милутин Миланковић	1	0,4
Фридрих Велер (Friedrich Wöhler)	1	0,4
Алберт Сент Ђерђи (Nagyrapolti Szent-Györgyi Albert)	1	0,4
Роберт Бојл (Robert Boyle)	1	0,4
Џозеф Ванг (Joseph Wang)	1	0,4
Михајло Пупин	1	0,4
Немам омиљеног научника	12	4,4
Без одговора	94	34,6

**Табела 4.13** Број омиљених научника по испитанику

Број омиљених научника	Број наставника	Број одговора
Један	153	153
Два	10	20
Три	3	9
Укупно	166	182

Менделејејев је омиљени научник највећег броја испитаника (30,9 %), док се на другом месту по учесталости одговора налази Марија Кири (12,5 %). Интересантно је и то да се међу три одговора с највећом фреквенцијом, налази научник који се није бавио истраживањима у области хемије (Никола Тесла), док су имена појединих научника, који су дали изузетан допринос развоју хемије, наведена од стране једног или свега неколико испитаника. Запажено је, да се у одговорима наставника, осим Николе Тесле, налазе и имена још неколико научника који су пореклом из Србије: Сима Лозанић, Павле Савић, Милева Марић, Милутин Миланковић, Михајло Пупин.

Како је у литератури описано постојање различитих стереотипних виђења науке и научника код особа мушког и женског пола (на пример, Carli *et al.*, 2016; Kerkhoven *et al.*, 2016; Reinking and Martin, 2018), применом табела контингенције испитано је постојање повезаности између пола испитаника и три најфреквентнија одговора добијена на питање о омиљеном научнику (Дмитриј Менделејејев, Марија Кири и Никола Тесла). Вредности хи квадрата ( $\chi^2 \leq 1,721$ ), ниво статистичке значајности ( $p > 0,05$ ) и вредности фи коефицијента ( $Phi \leq 0,080$ ) не указују на статистички значајну повезаност између пола испитаника и одговора испитаника на питање о омиљеном научнику. Ипак, приликом тумачења добијених резултата и извођења закључака требало би узети у обзир да узорком није обухваћен једнак број испитаника мушког и женског пола.

Од испитаника се, осим да наведу име омиљеног научника, захтевало и да образложе због чега им је научник, чије су име навели, омиљен. Образложење је изостало у великом броју одговора испитаника. Од укупно 182 наведена имена научника, само поред половине од њих (93 одговора) налазило се и пратеће образложење. Фреквенције добијених образложења приказане су у Табели 4.14.

**Табела 4.14** Образложења испитаника о омиљеном научнику

Омиљени научник	Образложење	(N=93)
Менделејева	Због открића Периодног система елемената	17
	Зато што је у Периодном систему елемената предвидео места за елементе који још увек нису били откривени	6
	Зато што је био геније	5
	Допринео је описмењавању у хемији, увео је абечеду хемије	4
	Зато што је био визионар	5
	Дао је неку врсту основе за хемију	1
	Урадио је нешто што је свевремено	1
	Дао је велики допринос развоју хемије	1
	Зато што је био свестран	1
	Зато што га најчешће помињем у различитим контекстима	1
	Због занимљиве биографије и открића	1
Марија Кири	Због упорности у остварењу својих циљева	3
	Зато што је жена и двоструки Нобеловац	3
	Зато што је визионар	3
	Дала је важан допринос у развоју радиоактивности	2
	Јер је жена	2
	Због свих њених открића	1
	Због њене борбе за знање	1
	Упркос нарушеном здрављу, храбро се борила за свој циљ	1
	Јер се дивим њеном животном путу	1
	Зато што је пружила велики допринос развоју хемије и физике	1
	Због преданости истраживањима и услова у којима је открила два елемента	1
Никола Тесла	Због своје генијалности и посвећености науци	2
	Зато што је научник светског значаја	2
	Због истрајности, визије и генијалних открића	2
	Због доприноса општој добробити човечанства	1
	Јер је генијално повезао теорију са праксом	1
	Зато што је наш највећи научник	1
Лавоазје	Због његових достигнућа у хемији	1
	Због његовог живота, рада и открића	1
	Због открића кисеоника	1
Ајнштајн	Због живота и научних открића	1
	Због Милеве и љубави	1
	Због онога што јесте и није урадио, као и због заблуда о структури атома	1
Далтон	Зато што сам се кроз писање семинарског рада о њему упознала са његовим животом и радом	1
Сима Лозанић	Због доприноса у развоју Периодног система елемената	1
	Зато што је био велики родољуб и научник	1
	Зато што је он наш највећи научник	1
Аренијус	Због теорије о електролитичкој дисоцијацији	2
Авогадро	Због његовог броја	1

Берцелијус	Зато што је увео јединствен начин обележавања елемената	1
Шредингер	Због изузетног постигнућа у квантној хемији	1
Милева Марић	Из чисто субјективних разлога	1
Архимед	Зато што је са мало предзнања пронашао епохална решења која су и данас корисна	1
Бор	Због открића модела атома	1
Велер	Због његових постигнућа	1
Алберт Сент Ђерђи	Јер је открио витамин С	1
Бојл	Зато што је био свестрана личност, до сазнања је долазио кроз извођење огледа	1
Џозеф Ванг	Због науке о сензорима, електро-анализи	1

На основу добијених образложења, могле су се уочити особине које испитаници приписују научницима. Осим што наставници научнике доживљавају као генијалне умове и појединце који су дали велики допринос, како развоју одређених области тако и друштва у целини, они научнике виде и као: визионаре, упорне, борбене, храбре, предане истраживањима. У образложењима пет од 19 испитаника, којима је омиљен научник Марија Кири, садржана је реч жена. Претпоставка је да су испитаници на тај начин желели да истакну позицију жена у науци у прошлости, али би у оквиру будућих истраживања требало испитати да ли се бављење науком и даље опажа као посао намењен првенствено мушкарцима, што јесте један од стереотипа описаних у литератури (Carli *et al.*, 2016). Утицај бављења садржајима из историје хемије на обликовање виђења наставника о науци и професији научника може се видети из одговора испитаника чији је омиљен научник Џон Далтон, а који се са животом и радом овог научника упознао кроз писање семинарског рада о њему. Тај испитаник није похађао курс историје хемије током свог иницијалног образовања. Стога је важно да курсеви из историје хемије буду укључени у програме према којима се образују наставници хемије, како би они што раније стекли увид у историјски развој хемије као науке и увид у научноистраживачки рад истакнутих хемичара, исправили сопствена стереотипна виђења науке и научника, уколико их поседују, и спречили развијање сличних стереотипа код својих ученика у будућности.

#### **4.1.2. Резултати и дискусија испитивања ставова наставника хемије о примени историјског контекста у настави неорганске хемије**

Приказ резултата до којих се дошло у оквиру другог прелиминарног истраживања, реализованог са наставницима хемије, организован је тако да су најпре изнети резултати о генералним ставовима наставника о примени садржаја из историје хемије у настави хемије, а затим резултати добијени на основу обраде одговора наставника на питања о укључености конкретних садржаја из историје хемије у наставу неорганске хемије.

##### **4.1.2.1. Ставови наставника хемије о примени садржаја из историје хемије у настави хемије**

У Табели 4.15 приказана је структура одговора наставника на питање колико на часовима посвећују пажњу садржајима из историје хемије. Највећи број испитаника, њих 16 од 36 колико их је одговорило на ово питање, повремено у делу часа хемије користи садржаје из историје науке (број три на скали).

**Табела 4.15** Учесталост примене садржаја из историје хемије на часовима,  $N=40$

Исказ	1 <sup>*</sup> ( <i>N</i> )	2 ( <i>N</i> )	3 ( <i>N</i> )	4 ( <i>N</i> )	5 <sup>**</sup> ( <i>N</i> )	Без одговора ( <i>N</i> )
На својим часовима посвећујем пажњу садржајима из историје хемије.	4	9	16	6	1	4

\* никад; \*\* увек

У Табели 4.16 приказана је структура одговора испитаника на два питања: који су садржаји из историје хемије највише заступљени на њиховим часовима и које садржаје из историје хемије би требало ученици да знају. На оба питања било је могуће изабрати више од једног понуђеног одговора.

**Табела 4.16** Садржаји из историје хемије којима испитаници на часовима посвећују највише пажње и садржаји које би ученици требало да знају,  $N=40$

Врста садржаја из историје хемије	Коришћење наведених садржаја од стране наставника ( <i>N</i> )	Очекивање знања наведених садржаја од ученика ( <i>N</i> )
Биографије научника	13	5
Године открића	13	6
Начини долажења до открића	31	27
Ништа од наведеног	-	5

Највећи број испитаника од историјских садржаја на часовима најчешће користи оне који говоре о начину долажења до открића (31) и највећи број њих (27) очекује познавање тих садржаја од стране ученика. Управо ти садржаји и имају највећи потенцијал да буду модел ученицима о научном резонувању. Тринаест наставника користи на часовима биографије научника и помиње године открића, док је њих пет мишљења да би ученици требало да познају биографије научника, а шест године открића. Пет испитаника не очекује од својих ученика познавање било које од понуђених врста садржаја из историје хемије.

Структура одговора испитаника на питања колико су, према њиховом мишљењу, садржаји из историје хемије корисни ученицима за разумевање хемије и колико су им занимљиви приказана је у Табели 4.17. Највећи број њих сматра садржаје из историје хемије корисним ослоном за ученичко разумевање хемије и занимљивим садржајем за ученике. При томе, наставници дају предност занимљивости садржаја из историје хемије у односу на њихову корисност за ученике. Највеће оцене (четири и пет) у категорији занимљивости дало је 18 наставника док је истим оценама корисност оценило 13 наставника.

**Табела 4.17** Мишљење испитаника колико су садржаји из историје хемије корисни ученицима за разумевање хемије и колико су им занимљиви,  $N=40$

Мишљење наставника о:	1 <sup>*</sup> (N)	2 (N)	3 (N)	4 (N)	5 <sup>**</sup> (N)	Без одговора (N)
Корисности садржаја из историје хемије за ученичко разумевање садржаја хемије	4	7	13	9	4	3
Занимљивости садржаја из историје хемије ученицима	5	3	10	12	6	4

\* некорисни/незанимљиви

\*\* корисни/занимљиви

У Табели 4.18 приказана је структура одговора испитаника на питања: колико су садржаји из историје хемије заступљени у уџбеницима хемије, колико често ученицима дају додатни материјал о биографијама научника и догађајима из историје хемије и колико често ученицима задају писање есеја о научницима и научним открићима. Највећи број испитаника (22) сматра да су садржаји из историје хемије недовољно заступљени у уџбеницима (оцене 1 и 2). Ипак, већина њих не даје ученицима додатни материјал из историје хемије, нити им задаје



писање есеја о научницима и научним открићима, иако би то могао да буде начин за превазилажење претходно уоченог проблема.

**Табела 4.18** Поређење одговора испитаника на питања о заступљености садржаја из историје хемије у уџбеницима и обезбеђивању додатног материјала и задатака који укључују историјске садржаје,  $N=40$

Одговори испитаника о:	1*	2	3	4	5**	Без одговора
	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)
Заступљености садржаја из историје хемије у уџбеницима хемије	12	10	9	4	2	3
Фреквенцији рада ученика са додатним материјалом о биографијама научника и догађајима из историје хемије	7	17	7	4	2	3
Фреквенцији писања есеја о научницима и научним открићима од стране ученика	13	11	7	4	2	3

\* недовољна/никада

\*\* довољна/увек

#### 4.1.2.2. Ставови наставника хемије о примени садржаја из историје хемије у настави неорганске хемије

Трећи део упитника састојао се од 13 питања која су се односила на примену садржаја из историје хемије у настави неорганске хемије у осмом разреду основне школе. Редослед питања је такав да прати редослед лекција у темама из неорганске хемије у програму хемије за осми разред основне школе.

У првом питању у овом делу упитника испитаници су бирали неметал чијој историји посвећују највише пажње у оквиру обраде теме *Неметали*. Понуђени одговори били су: *водоник, кисеоник, сумпор, азот, угљеник*. У Табели 4.19 приказана је структура одговора испитаника. Највећи број њих користи историјске податке приликом обраде лекције о кисеонику (17 од 36 наставника колико их је одговорило на ово питање), а затим водонику (13). Историјске податке о азоту ниједан наставник не помиње током наставе.

**Табела 4.19** Укљученост историјских садржаја приликом обраде лекција о неметалима

Неметал	N (40)	% (100)
Водоник	13	32,5
Кисеоник	17	42,5
Сумпор	2	5,0
Азот	-	-
Угљеник	4	10,0
Без одговора	4	10,0

У Табели 4.20 приказана је структура одговора испитаника на питање које садржаје из историје хемије користе када обрађују наставну јединицу *Водоник*. Приликом одговарања на ово питање било је могуће изабрати више од једног понуђеног одговора. Наставници најчешће од историјских података о водонику помињу како је елемент откривен (19) и како је добио назив (20). Мали број испитаника (2) помиње биографију Хенрија Кевендиша (Henry Cavendish), иако је веома занимљива.

**Табела 4.20** Садржаји из историје хемије које испитаници помињу приликом обраде лекције *Водоник*

Садржај из историје хемије	<i>N</i> (40)	% (100)
Биографија Хенрија Кевендиша	2	5,0
Начин открића водоника	19	47,5
Добијање назива елемента	20	50,0
Ништа од наведеног	2	5,0

У следећем питању наставници су одговарали којег од научника, Карл Шеле (Carl Wilhelm Scheele), Џозеф Пристли (Joseph Priestley), Антоан Лавоазје (Antoine-Laurent de Lavoisier), или ниједног од њих, помињу на часу као заслужног за откриће кисеоника. У Табели 4.21 приказана је структура одговора испитаника. Највећи број њих наводи Џозефа Пристлија као заслужног за откриће кисеоника (22). Како је укупан број одговора на ово питање већи од броја испитаника, закључујемо да су неки испитаници бирали више понуђених одговора, односно да ученицима говоре о више научника који су заслужни за откриће кисеоника. То је оправдано из угла историје открића овог гаса. Међутим, не тако мали број испитаника (8) означио је поље *ниједан од наведених*.

**Табела 4.21** Научници које испитаници наводе као заслужне за откриће кисеоника

Научник заслужан за откриће кисеоника	<i>N</i> (40)	% (100)
Карл Шеле	9	22,5
Џозеф Пристли	22	55,0
Антоан Лавоазје	9	22,5
Ниједан од наведених	8	20,0

У Табели 4.22 приказана је структура одговора испитаника на питање које садржаје из историје хемије помињу при обради наставне јединице *Азот*. Приликом одговарања на ово питање било је могуће изабрати више од једног понуђеног одговора. Највећи број испитаника саопштава ученицима како је азот

добрио назив (18). Десет испитаника помиње како је азот откривен, а два биографију научника који је открио азот. Одговори тих наставника нису сагласни с одговорима приказаним у Табели 4.19, за разлику од одговора тринаест наставника који су изабрали одговор *ништа од наведеног*.

**Табела 4.22** Садржаји из историје хемије које испитаници помињу приликом обраде *Азота*

Садржај из историје хемије	<i>N</i> (40)	% (100)
Биографија Данијела Радерфорда	2	5,0
Начин открића азота	10	25,0
Добијање назива елемента	18	45,0
Ништа од наведеног	13	32,5

У Табели 4.23 приказана је структура одговора испитаника на питање шта од историјских садржаја саопштавају ученицима када говоре о Хабер-Бошовом процесу. Понуђени одговори били су: *важност процеса за развој хемијске индустрије, Хабер и Бош - добитници Нобелове награде, Хаберово учешће у Првом светском рату и ништа од наведеног*. Највећи број наставника (26 од 39 колико их је одговорило на ово питање) истиче важност овог процеса за развој хемијске индустрије. Ниједан од наставника из узорка не говори о Хаберовом учешћу у Првом светском рату које је повезано с почетком употребе бојних отрова и последицама те употребе. Иако тај садржај није у директној вези са Хабер-Бошовим процесом, прилика је да се истакне питање етике у науци, као и употребе научних открића у различите сврхе.

**Табела 4.23** Историјски садржаји приликом обраде Хабер-Бошовог процеса

Садржај из историје хемије	<i>N</i> (40)	% (100)
Важност процеса за развој хемијске индустрије	26	65,0
Хабер и Бош - добитници Нобелове награде	6	15,0
Хаберово учешће у Првом светском рату	-	-
Ништа од наведеног	7	17,5
Без одговора	1	2,5

У Табели 4.24 приказана је структура одговора наставника на питање које садржаје из историје хемије помињу ученицима када обрађују наставну јединицу *Сумпор*. Понуђени одговори били су: *порекло назива, помињање у грчкој митологији, помињање у Библији, коришћење у „грчкој ватри“*. Половина укупног броја испитаника ученицима говори о пореклу назива сумпора, док је

следећи најчешће бирани одговор *помињање у грчкој митологији* (13). Преостала два одговора изабрао је мали број испитаника.

**Табела 4.24** Садржаји из историје хемије приликом обраде *Сумпора*

Садржај из историје хемије	N (40)	% (100)
Порекло назива	20	50,0
Помињање у грчкој митологији	13	32,5
Помињање у Библији	4	10,0
Коришћење у "грчкој ватри"	3	7,5

У Табели 4.25 приказана је структура одговора испитаника на питање чијој историји открића (алотропским модификацијама или оксидима угљеника) посвећују највише пажње приликом обраде наставне јединице *Угљеник*. Понуђени одговори били су: *графит, дијамант, фулерен, оксиди угљеника и ништа од наведеног*. Највећи број испитаника (11 од 36 колико их је одговорило на ово питање) ученицима говори о историји открића фулерена. Можемо претпоставити да је откриће фулерена најфреквентнији одговор из разлога што је за то откриће додељена Нобелова награда за хемију.

**Табела 4.25** Заступљеност употребе историјских садржаја приликом обраде алотропских модификација и оксида угљеника

Садржаји из историје хемије у вези са открићем:	N (40)	% (100)
Графита	6	15,0
Дијаманта	5	12,5
Фулерена	11	27,5
Оксида угљеника	8	20,0
Ништа од наведеног	6	15,0
Без одговора	4	10,0

У оквиру теме *Метали* највећи број наставника (23 од 37 колико их је одговорило) говори о историји гвожђа (Табела 4.26). Девет наставника говори о историји бакра, док историјске садржаје о калцијуму и алуминијуму саопштава знатно мањи број наставника.

**Табела 4.26** Укљученост историјских садржаја приликом обраде лекција о металима

Садржаји из историје хемије у вези са металима:	N (40)	% (100)
Калцијум	3	7,5
Гвожђе	23	57,5
Бакар	9	22,5
Алуминијум	2	5,0
Без одговора	3	7,5

Одговори наставника приказани у Табели 4.27 показују да највише њих говори о историји бронзе (15 од 37 наставника колико их је одговорило), затим челика (13), док се о историји месинга и дуралуминијума знатно мање говори на часовима (један, односно два наставника).

**Табела 4.27** Укљученост историјских садржаја приликом обраде легура

Садржаји из историје хемије у вези са легурама:	N (40)	% (100)
Бронза	15	37,5
Челик	13	32,5
Месинг	1	2,5
Дуралуминијум	2	5,0
Ниједна од наведених	6	15,0
Без одговора	3	7,5

У Табели 4.28 приказана је структура одговора испитаника на питање колико садржаје о бакуру и гвожђу обрађују кроз повезивање са добима у људској цивилизацији: бакарним, бронзаним и гвозденим. То чини 27 од 37 наставника који су одговорили на питање (фреквенција оцена 4 и 5).

**Табела 4.28** Учесталост повезивња садржаја о бакуру и гвожђу са добима у развоју цивилизације, N=40

Приступ	1 <sup>*</sup> (N)	2 (N)	3 (N)	4 (N)	5 <sup>**</sup> (N)	Без одговора (N)
Обрада садржаја о бакуру и гвожђу кроз повезивање са добима у развоју цивилизације (бакарним, бронзаним и гвозденим)	4	4	2	11	16	3

\* никада; \*\* увек

Из одговора наставника приказаних у Табели 4.29 може се видети да највећи број испитаника (20 од 38) не помиње садржаје из историје хемије приликом обраде наставне јединице *Калцијум*. Наставници који укључују ове садржаје то најчешће чине помињањем како је калцијум добио назив (11) и како је откривен (6). Биографију Хамфрија Дејвија (Humphry Davy), научника заслужног за откриће овог метала, на часовима помиње само један наставник.

**Табела 4.29** Садржаји из историје хемије приликом обраде лекције *Калцијум*

Садржај из историје хемије	N (40)	% (100)
Биографија Хамфрија Дејвија	1	2,5
Начин открића калцијума	6	15,0
Добијање назива елемента	11	27,5
Ништа од наведеног	20	50,0
Без одговора	2	5,0

Од 37 наставника, њих 19 не помиње садржаје из историје хемије приликом обраде наставне теме *Соли*. Неколико наставника говори о историјским садржајима повезаним са сулфатима и нитратима, док о карбонатима у историјском контексту говори једанаест наставника (Табела 4.30).

**Табела 4.30** *Соли* у историјском контексту на часовима испитаника

<b>Соли у контексту историје хемије</b>	<b><i>N</i> (40)</b>	<b>% (100)</b>
Сулфати	1	2,5
Нитрати	6	15,0
Карбонати	11	27,5
Ништа од наведеног	19	47,5
Без одговора	3	7,5

У последњем питању у упитнику испитаници су питани о историјским садржајима које помињу приликом обраде *Теорије електролитичке дисоцијације*. Понуђени одговори били су: *начин успостављања Аренијусове теорије, оспоравање Аренијусове теорије, додељивање Нобелове награде Аренијусу и ништа од наведеног*. У Табели 4.31 приказана је структура одговора испитаника. Највећи број испитаника (22 од 39) изабрао је одговор који се односи на начин успостављања Аренијусове теорије.

**Табела 4.31** Садржаји из историје хемије које испитаници помињу приликом обраде *Теорије електролитичке дисоцијације*

<b>Садржај из историје хемије</b>	<b><i>N</i> (40)</b>	<b>% (100)</b>
Успостављање Аренијусове теорије	22	55,0
Оспоравање Аренијусове теорије	3	7,5
Аренијус - добитник Нобелове награде	4	10,0
Ништа од наведеног	10	25,0
Без одговора	1	2,5

#### **4.1.3. Резултати и дискусија испитивања ставова ученика о науци, научноистраживачком раду и значају научног рада**

Приказ резултата добијених у оквиру прелиминарног истраживања, реализованог са ученицима осмог разреда основне школе, организован је тако да су најпре изнета ученичка виђења науке, експеримента и главних активности научника у природним и друштвеним наукама, затим ставови ученика о значају научног рада за појединца и друштво, и на крају имена научника и научних открића којима се ученици диве, као и афинитети ученика за бављење научним радом у будућности.

##### **4.1.3.1. Ученичка виђења науке, експеримента и главних активности научника у природним и друштвеним наукама**

Фреквенције одговора ученика на питање шта је наука, приказане су у Табели 4.32.

**Табела 4.32** Дефиниција науке према мишљењу испитаника

<b>Наука је:</b>	<b>N (275)</b>	<b>% (100)</b>
Проучавање (изучавање, истраживање) разних питања, појава и теорија	78	28,3
Свуда око нас, помаже нам да разумемо свет у коме живимо и унапређује квалитет живота	35	12,8
Истраживање и описивање природе	18	6,5
Делатост научника	17	6,2
Скуп дисциплина које се баве различитим областима	17	6,2
Скуп сазнања заснованих на доказима	15	5,5
Откривање проналазака	13	4,7
Бављење експериментима	7	2,5
Хемија (наведена дефиниција хемије)	3	1,1
Без одговора	72	26,2

Нешто више од трећине ученика науку дефинише као проучавање, односно као процес истраживања. Међу одговорима тих ученика разликују се они где се истраживање везује искључиво за природне појаве (6,5 %) и одговори у којима се генерално говори о истраживању различитих питања (28,3 %). Свеприсутност науке и њен допринос разумевању околине и побољшању квалитета живота, као дефиницију науке навело је 12,8 % испитаника. Наука представља скуп знања заснованих на доказима (5,5 %), али и скуп дисциплина које проучавају различите

области међу којима су и оне које се изучавају као школски предмети (6,2 %). За разлику од ученика који сматрају да је наука свуда око нас, део испитаника науку доживљава искључиво као професију научника (6,2 %). Откривање (4,7 %) и експериментисање (2,5 %) наведени су као синоними за науку, док је дефиниција хемије поистовећена са дефиницијом науке у одговорима троје испитаника. На основу добијених одговора може се закључити да већи проценат испитаника науку доживљава као динамичну (одговори који указују на проучавање, истраживање, експериментисање, откривање) а не као статичну (одговори у којима је наука дефинисана као скуп знања или дисциплина). Нешто више од четвртине ученика није пружило одговор на ово питање (26,2 %).

На основу поређења одговора ученика са одређењима науке, која се могу пронаћи у различитим речницима (Morris, 1992; Oxford Online Dictionary; Cambridge Online Dictionary) и научним радовима (на пример, Richards, 1928, Chalmers, 1999; Godin, 2007), може се закључити да су ученици идентификовали општи циљ науке и главне активности у научноистраживачком раду. Тако се, на пример, одговори ученика уклапају у описе према којима је наука: (1) систематско посматрање природних појава у циљу формулисања закона и принципа заснованих на доказима; (2) организован систем знања који је изведен на основу тих посматрања и који може бити испитан и потврђен у будућим истраживањима; (3) специфична област тог скупа знања, као што су на пример, биологија, физика, астрономија (Academic Press Dictionary of Science and Technology).

Ако се одговори ученика, приказани у Табели 4.32, упореде са одговорима наставника приказаним у Табели 4.2, могу се уочити сличности између начина на који наставници дефинишу науку ученицима и начина на који ученици дефинишу науку. Те сличности илустроване су кроз одговоре наставника да је наука процес истраживања који води до открића и стицања нових знања (7,7 %), да наука објашњава појаве и законитости у природи (6,6 %), да је наука све што нас окружује и помаже нам да разумемо свет у коме живимо (6,6 %), да је наука скуп знања (5,5 %), да се наука може дефинисати на идентичан начин као хемија (5,5 %). Иако је број наставника у узорку истраживања 3.1.1.1. знатно већи од броја наставника који подучавају ученике обухваћене истраживањем 3.1.2.1., запажене сличности у одговорима наставника и ученика још једном потврђују да



се виђења наставника о науци могу одразити на формирање виђења науке код ученика (Kahle, 1988; Irez, 2006; Turkmen, 2008).

У Табели 4.33 приказане су фреквенције одговора ученика на питање шта је експеримент.

**Табела 4.33** Дефиниција експеримента према мишљењу испитаника

Експеримент је:	N (275)	% (100)
Извођење неке радње у вештачким условима (у лабораторији)	93	33,8
Рад са супстанцама (испитивање својстава супстанци, мешање супстанци, синтеза нових супстанци)	41	14,9
Проверавање/доказивање тачности (хипотеза, теорија)	38	13,8
Рад у циљу објашњења или откривања нечег новог	20	7,3
Оглед	14	5,1
Део науке (научни проналазак)	10	3,6
Испитивање природних појава	4	1,5
Резултат дуготрајног рада	2	0,7
Без одговора	53	19,3

Трећина испитаника експериментом сматра извођење одређених радњи у вештачким, строго контролисаним, условима. У одговорима нешто више од половине тих ученика садржана је реч лабораторија. Следећи по заступљености је одговор да експеримент подразумева рад са супстанцама (14,9 %), где је неколико ученика навело и конкретне примере демонстрационих огледа и лабораторијских вежби, које су имали прилике да посматрају или изведу током наставног процеса. Два најфреквентнија одговора указују да ученици појам експеримент везују за хемију и лабораторијски простор, што није изненађујуће ако се узме у обзир да је истраживање реализовано на часу хемије, као и да ученици имају нешто више од једне школске године искуства у учењу хемије. Проверавање, доказивање, објашњавање, откривање и испитивање су глаголске именице којима је описана сврха извођења експеримената, а свака од тих радњи представља део методологије научноистраживачког рада. Док неки ученици сматрају да је експеримент део науке (3,6 %) и резултат дуготрајног рада (0,7 %), други ученици експеримент доводе у везу са проучавањем искључиво природних појава (1,5 %). Поједини ученици су формулисали одговор тако што су користили синоним за експеримент, односно реч *оглед* (5,1 %). Приближно петина ученика из узорка није пружила одговор на питање шта је експеримент.

У Табели 4.34 приказана су виђења ученика о главним активностима научника. Ученици су у својим одговорима наводили по неколико активности научника, тако да је укупан број одговора на ово питање већи од броја испитаника.

**Табела 4.34** Главне активности научника

<b>Активности</b>	<b>N (275)</b>	<b>% (100)</b>
Изучавање одређених области (различитим методама)	88	32,0
Експериментисање	78	28,4
Откривање проналазака	64	23,3
Истраживање (живог и неживог света)	62	22,5
Доказивање	25	9,1
Закључивање	15	5,5
Дељење сазнања са другима (друштвом и научном заједницом)	13	4,7
Решавање питања значајних за друштво	11	4,0
Усавршавање неке области	11	4,0
Посматрање (запажање)	10	3,6
Одговори који се уместо на активности односе на особине научника	9	3,3
Стицање нових знања (и искустава)	8	2,9
Рад са супстанцама	8	2,9
Континуирани рад (посвећеност раду)	7	2,5
Анализирање (проблема, докумената)	7	2,6
Различите активности у лабораторији	5	1,8
Постављање и проверавање хипотеза	4	1,5
Различите активности у природи	3	1,1
Писање научних радова	3	1,1
Записивање (вођење лабораторијског дневника)	3	1,1
Успостављање теорија	3	1,1
Објашњавање појмова	2	0,7
Строго контролисање услова	1	0,4
Читање књига	1	0,4
Прикупљање података	1	0,4
Извођење израчунавања	1	0,4
Без одговора	53	19,3

Петина ученика није одговорила на ово питање, док су најфреквентније наведене активности научника у сагласности са тиме како ученици опажају науку (Табела 4.32). Сходно томе, више од 20 % испитаника навело је изучавање

одређених области, експериментисање, откривање проналазака, истраживање живог и неживог света као главне активности научника. Активности које су карактеристичне за научноистраживачки рад као што су: посматрање, анализирање, постављање и проверавање хипотеза, доказивање и закључивање препознате су од стране ученика, али не са високом учесталашћу (мање од 10 %). Кроз одговоре који се односе на дисеминацију научног знања, унапређивање одређених области и решавање питања значајних за друштво илустроване су активности научника које за циљ имају да поспеше развој друштва и побољшају квалитет живота (до 5 % испитаника).

На основу активности научника, наведених у одговорима, може се формирати слика коју ученици имају о научницима, односно могу се идентификовати одређене особине и радње које ученици приписују научницима. Према одговорима испитаника, научници стичу знање континуираним радом у природи или у лабораторији, где строго контролишу услове, врло су посвећени раду, вредни су и истрајни. Да би могли да објасне одређене појмове или успоставе теорије, они читају литературу, прикупљају податке, праве белешке, врше израчунавања, и пишу научне радове. Иако је овај опис научника изведен на основу одговора чија фреквенција ни у једном случају не прелази 3 %, могу се уочити одређене сличности са ученичким виђењима научника описаних у литератури (Chambers, 1983; Mason *et al.*, 1991; She, 1998; Turkmen, 2008; Samaras *et al.*, 2012). Те сличности се огледају у опажању научника као особе која је посвећена освајању знања, која проводи време радећи у лабораторији, читајући књиге и правећи белешке. Међутим, пошто се методологија изведеног истраживања разликује од методологије наведених истраживања, питање је колико су резултати упоредиви.

Упитник је садржао питања о сличностима и разликама у раду научника хемичара и научника историчара. Намера је била да ученици, одговарајући на ова питања, упореде активности научника у природним наукама (хемија) и друштвеним наукама (историја). Историја је изабрана као пример друштвене науке из разлога што је у главним истраживањима ове дисертације примењен контекст историје хемије. Сличности и разлике у раду научника историчара и научника хемичара приказане су у Табели 4.35.

**Табела 4.35** Сличности и разлике у раду научника хемичара и научника историчара

Сличности	N		Разлике	N	
	(275)	(100)		(275)	(100)
Баве се дешавањима из прошлости (историја хемије)	56	20,4	Хемичари проучавају хемију (супстанце), а историчари историју (прошлост)	68	24,7
Проучавају и истражују	51	18,5	Хемија је експериментална, а историја теоријска наука	36	13,1
Откривају проналаске	20	7,3	Предмет (и начини) проучавања су различити	29	10,5
Баве се науком	14	5,1	Хемија је природна, а историја друштвена наука	22	8,0
Имају жељу за сазнањем	13	4,7	Историја проучава прошлост, а хемија садашњост	16	5,8
Сарађују приликом утврђивања старости неког предмета	7	2,5	Хемичари раде у лабораторији за разлику од историчара	7	2,5
Немају ништа заједничко	7	2,5	Историчари не могу ништа ново да открију док хемичари могу	6	2,2
Помажу развоју друштва својим проналасцима	5	1,8	Хемија је свуда иста док историја није (хемија има чврсте доказе)	2	0,7
Изводе експерименте	3	1,1	Њихови проналасци се разликују	1	0,4
Баве се доказивањем	3	1,1	Свако од њих има различита знања	1	0,4
Раполажу чињеницама	3	1,1	У хемији има више логичког закључивања него у историји	1	0,4
Баве се природним наукама	2	0,7	*Нема разлике између рада ова два научника	3	1,1
Посвећена су раду	2	0,7	Без одговора	83	30,2
Праве белешке	1	0,4			
Пишу научне радове	1	0,4			
Успостављају везе између познатог и непознатог	1	0,4			
Имају висок коефицијент интелигенције	1	0,4			
Без одговора	85	30,9			

\*одговор који не указује на разлике

Петина ученика је на питање, о сличностима у раду научника хемичара и научника историчара, одговорила да се оба научника баве дешавањима из прошлости, указујући на примере научника и научних открића који су допринели развоју хемије, а чијим се ликом и делом баве и хемичари и историчари. У неким одговорима тих ученика, експлицитно је наведено да је историја хемије област која је заједничка за хемичара и историчара. Према одговорима ученика, и хемичар и историчар поседују жељу за сазнањем (4,7 %), баве се науком (5,1 %), а без обзира да ли је предмет њиховог истраживања хемија или историја, они

истражују (18,5 %), откривају проналаске (7,3 %), изводе експерименте (1,1 %) и баве се доказивањем (1,1 %). Осим тога, оба научника су интелигентна, посвећена раду, располажу чињеницама, праве белешке, успостављају везе између познатог и непознатог и пишу научне радове (одговори до три испитаника). Поједини одговори указују на сарадњу хемичара и историчара приликом одређивања старости неког предмета (2,5 %), као и на допринос проналазака из обе науке развоју друштва (1,8 %). Остао је нејасан одговор два ученика која су навела да се оба научника баве природним наукама, али је детаљније објашњење изостало. Седам од 272 ученика, мишљења је да научник хемичар и научник историчар немају ништа заједничко, док нешто мање од трећине ученика није одговорило на питања о сличностима и разликама у раду ова два научника.

Четвртина испитаника је, као главну разлику у раду научника хемичара и научника историчара, навела да историчари проучавају прошлост (историју), а хемичари супстанце (хемију). Разлика између рада два научника направљена је и на основу: укључености извођења експеримената у тај рад (13,1 %), различитог предмета и начина проучавања (10,5 %), припадности хемије природним, а историје друштвеним наукама (8,0 %). Осим тога, у одговорима мање од 6 % испитаника, историја је описана као наука која проучава прошлост, наука у којој ништа ново не може бити откривено и као наука која није заснована на чврстим доказима за разлику од хемије која се бави садашњим тренутком, у којој је могуће доћи до нових открића која се базирају на чврстим доказима. Још неке од наведених разлика односе се на знања и открића ових научника, као и то да је рад у лабораторији карактеристичан само за хемичара. Три ученика сматрају да између рада научника хемичара и научника историчара нема разлике.

#### ***4.1.3.2. Ставови ученика о значају научног рада за појединца и друштво***

У Табели 4.36 приказани су ставови ученика о значају науке за њих као појединце и значају науке за друштво у целини. Испитаници науку сматрају значајном, како за себе, тако и за друштво у целини. Одговор о значају науке је изостао у већем проценту када је од испитаника захтевано да оцене значај науке за друштво него за њих саме, вероватно због тога што су се приликом формулисања одговора на питање колико је њима значајна наука могли ослонити

на сопствена искуства и интересовања. Мали број испитаника сматра да наука није значајна за појединца и друштво.

**Табела 4.36** Ставови ученика о значају науке за њих лично и значају науке за друштво

Значај науке	За појединца		За друштво	
	<i>N</i> (275)	% (100)	<i>N</i> (275)	% (100)
Безначајна	13	4,7	1	0,4
Потенцијално значајна	9	3,3	6	2,2
Значајна	196	71,3	58	21,1
Веома значајна	7	2,5	100	36,3
Без одговора	50	18,2	110	40,0

У оквиру питања, у којима су ученици процењивали значај науке за појединца и друштво, од њих је захтевано и да ту процену образложе. Та образложења су приказана у Табели 4.37.

**Табела 4.37** Образложења одговора о значају науке за појединца и друштво

Образложење значаја науке	За појединца		За друштво	
	<i>N</i> (275)	% (100)	<i>N</i> (275)	% (100)
Наука омогућава откривање проналазака, подстиче напредак друштва и олакшава живот	111	40,4	131	47,6
Бављењем науком је битно у образовне сврхе (због стицања знања)	44	16,0	28	10,2
Наука пружа одговор на многа питања	10	3,6	2	0,7
Наука је занимљива	5	1,8	3	1,1
Образложење у коме је истакнут значај историје и значај хемије	6	2,2	4	1,5
Остала образложења кроз која је исказан позитиван став о значају науке	12	4,4	3	1,1
Остала образложења кроз која је исказан негативан став о значају науке	9	3,3	4	1,5
Без одговора	78	28,4	100	36,3

На основу одговора ученика идентификовано је пет заједничких категорија у које се, на основу садржаја, могу сврстати њихова образложења зашто је наука значајна за њих лично као и за друштво у целини. Образложење да се значај науке огледа у подстицању развоја друштва заступљеније је у одговорима о значају науке за друштво него за појединца, што је и очекивано. С друге стране, значај науке за образовне сврхе у већем проценту је истакнут у образложењима која се односе на значај науке за појединца. Наука је значајна и за појединца и за друштво зато што пружа одговоре на многа питања и зато што је занимљива, с

тим што су оба образложења заступљенија у одговорима који се односе на значај науке за појединца. У неколико образложења значаја науке, и за појединца и за друштво, указано је на значај хемије и историје као појединачних наука. Формулисању ових образложења, највероватније, је допринело разматрање активности научника хемичара и научника историчара у оквиру претходна два питања у упитнику. Образложења ученика, која се нису могла класификовати ни у једну од претходно описаних пет категорија, сврстана су у две категорије *осталих образложења*, од којих се једна односи на она образложења у којима је исказан позитиван став о значају науке, а друга на образложења у којима је тај став негативан.

#### **4.1.3.3. Научна открића и научници који изазивају дивљење ученика. Афинитет ученика према бављењу научноистраживачким радом**

У Табели 4.38 приказани су одговори испитаника на питање, које научно откриће је оставило снажан утисак на њих, као и образложења пружених одговора. Иако је питање било формулисано у једнини, односно од ученика се очекивало да наведу назив једног научног открића, у одговорима двадесет ученика наведен је већи број открића (петнаест ученика навело је два открића, три ученика навело је три открића, док су два ученика навела четири открића). С друге стране, нешто више од четвртине испитаника није навело ниједно откриће или је одговорило да је неодлучно или да такво откриће не постоји. Од укупно 225 одговора, који садрже назив открића, њих 155 садржи и образложење због чега је наведено откриће оставило снажан утисак на испитаника.

**Табела 4.38** Научна открића која су оставила снажан утисак на ученике

Откриће	<i>N</i> (275)	% (100)	Образложење	<i>N</i> (155)
Електрична струја	117	42,5	Живот би био незамислив без струје	90
			Због олакшане комуникације међу људима	9
Телефон	18	6,5	Телефон је јако важан за мене, увек га носим	4
			Импесиониран сам мобилним телефоном	1
			Зато што је за његову израду било потребно много знања, стрпљења и рада	3
Периодни систем елемената	13	4,7	Због стварања уређености у хемији	2
			Због одређивања валенци	1
			Због писања симбола елемената	1

			Због храброг открића да се Земља врти око Сунца	1
Открића у вези космоса	9	3,3	Врло ме занима настанак свемира	1
			Због истраживања других планета	1
Антибиотици (пеницилин)	8	2,9	Зато што су продужили људски век	7
Интернет	6	2,2	Потребан је свуда на свету	2
Точак	5	1,8	Покренуо развој многих области живота	2
Ватра	5	1,8	Њен проналазак је учинио живот лакшим	2
Аутомобил	4	1,5	Јер можемо брже да се крећемо	3
Парна машина	4	1,5	Револуционарно откриће	1
Остали лекови	4	1,5	Због унапређивања здравља људи	4
Откриће Америке	3	1,1	-	-
Авион	2	0,7	Помоћу њега се најбрже крећемо	2
Микроскоп	2	0,7	Без микроскопа не бисмо видели ситне честице	1
Писмо	2	0,7	Због могућности комуникације и разумевања	2
Атом	2	0,7	Све је изграђено од атома	2
Кисеоник	2	0,7	Без кисеоника не бисмо могли да живимо	1
ДНК	2	0,7	Због доказивања сродности	2
Робот	1	0,4	-	-
Теорија еволуције	1	0,4	Занимљив је начин на који је описана еволуција	1
Теорија релативитета	1	0,4	Због формуле $E=mc^2$	1
Теорија биодиверзитета	1	0,4	-	-
Рачунар	1	0,4	Без рачунара не бисмо могли да напредујемо	1
Компас	1	0,4	Због оријентације у простору	1
Сто и столица	1	0,4	-	-
Вакцина	1	0,4	-	-
Динамит	1	0,4	-	-
Барут	1	0,4	Ово откриће је променило свет	1
Гравитација	1	0,4	Због Њутновог доказивања силе земљине теже	1
Магеланова пловидба	1	0,4	Јер је Магелан показао елиптични облик Земље	1
Анаеробне бактерије	1	0,4	Занимљиво и необично откриће	1
Фотоапарати и звучници	1	0,4	Помоћу њих стварамо успомене	1
Истина Бермудског троугла	1	0,4	Објашњава зашто тону бродови и нестају авиони	1
Штампарска машина	1	0,4	-	-
Фосили диносауруса	1	0,4	-	-
Има их више	6	2,2	-	-
Ниједно откриће	4	1,5	-	-
Без одговора	66	23,9	-	-

Највећи проценат испитаника (42,5 %) задивљен је открићем електричне струје јер, како су у образложењу навели, не могу да замисле живот без електричне струје и електричних уређаја. Фреквенција свих осталих одговора мања је од 10 %, а нека од наведених открића нису резултат научноистраживачког рада већ продукти настали из потребе човека да свакодневни живот учини лакшим и део су цивилизацијског развоја. Интересантно је да се међу одговорима ученика могу издвојити они који се односе на дигиталну еру и савремене



технологије (мобилни телефони, робот, рачунар, интернет, аудио и фотографска опрема), али и одговори који су у историји човечанства представљали револуционарна открића (ватра, точак, писмо, компас, парна машина, штампарска машина). Откриће атома, кисеоника, Периодног система елемената, молекула ДНК, барута и динамита су открића у вези с хемијом којима се ученици диве. Антибиотици, вакцине и лекови генерално, су открића која су оставила снажан утисак на ученике зато што су допринела продужетку људског века и унапређивању здравља човека. Ученици су задивљени и трима теоријама: еволуције, биодиверзитета и релативитета. Међу одговорима ученика налазе се и велика географска открића, откриће Америке и Магеланова пловидба, која се не могу сврстати под научна открића јер нису резултат примене научног метода.

Имена научника, којима се испитаници диве, као и открића тих научника приказана су у Табели 4.39. Слично као и у претходном питању, и у овом случају се од ученика очекивало да наведу име једног научника као и откриће тог научника због кога он завређује њихово дивљење. Међутим, четири ученика навело је имена више научника (два ученика су навела имена два научника, док је по један ученик навео имена три, односно пет научника), а четвртина испитаника није навела име ниједног научника или је одговорила да не постоји научник коме се диви или да осећа подједнако дивљење према свим научницима. Број одговора који садрже име научника је 216, с тим што је у 192 одговора назначено и откриће наведеног научника.

**Табела 4.39** Научник који изазива дивљење ученика и откриће тог научника

Научник	<i>N</i> (275)	% (100)	Откриће научника	<i>N</i> (192)
Никола Тесла	139	50,5	Електрична струја	133
Дмитриј Иванович Менделјејев (Дмитриј Иванович Менделџев)	11	4,0	ПСЕ	10
Исак Њутн (Isaac Newton)	8	2,9	Гравитација	2
			Њутнови закони	1
Чарлс Дарвин (Charles Darwin)	6	2,2	Теорија еволуције	6
Алберт Ајнштајн (Albert Einstein)	5	1,8	Теорија релативитета	3
			Доказао да је Земља округла	2
Галилео Галилеј (Galileo Galilei)	5	1,8	Четири месеца Јупитера	2
Михајло Пупин	5	1,8	Унапредио телефонiju	3
			Сијалица	1

Луј Пастер (Louis Pasteur)	3	1,1	Вакцина	2
			Пеницилин	1
Александар Бел (Alexander Graham Bell)	3	1,1	Телефон	3
Александар Флеминг (Alexander Fleming)	3	1,1	Пеницилин	2
Џозеф Пристли (Joseph Priestley)	2	0,7	Кисеоник	2
Браћа Рајт (Orville and Wilbur Wright)	2	0,7	Авион	2
Антон ван Левенхук (Antonie Philips van Leeuwenhoek)	2	0,7	Микроскоп	2
Јохан Гутенберг (Johannes Gutenberg)	2	0,7	Штампарија	2
Јосиф Панчић	2	0,7	Оморика	2
Леонардо да Винчи (Leonardo di ser Piero da Vinci)	2	0,7	-	-
Јован Цвијић	2	0,7	-	-
Томас Едисон (Thomas Alva Edison)	1	0,4	Сијалица	1
Роберт Хук (Robert Hooke)	1	0,4	Ћелија	1
Стивен Хокинг (Stephen William Hawking)	1	0,4	Црне рупе	1
Браћа Лимијер (Auguste and Louis Lumière)	1	0,4	Филм	1
Вернер Сименс (Werner von Siemens)	1	0,4	Електрична локомотива	1
Кристифор Колумбо (Christopher Columbus)	1	0,4	Америка	1
Данијел Радерфорд (Daniel Rutherford)	1	0,4	Азот	1
Вотсон и Крик (James Watson and Francis Crick)	1	0,4	ДНК	1
Хенри Кевендиш (Henry Cavendish)	1	0,4	Водоник	1
Никола Коперник (Mikołaj Kopernik)	1	0,4	Хелиоцентрични систем	1
Питагора (Πυθαγόρας)	1	0,4	Питагорина теорема	1
Михаило Петровић Алас	1	0,4	-	-
Милутин Миланковић	1	0,4	-	-
Мојој тетки која је доктор наука	1	0,4	-	-
Не постоји	17	6,2	-	-
Свима се подједнако дивим	5	1,8	-	-
Без одговора	46	16,7	-	-

Никола Тесла је научник коме се диви половина ученика из узорка (50,5 %). Овај одговор је у сагласности са најфреквентнијим одговором испитаника о открићу које изазива дивљење (откриће електричне струје). Иако су ученици, осим имена Николе Тесле, навели још 30 имена, њихова фреквенција је мала. Изузев имена Менделејева, остала имена је навело мање од десет ученика.

Запажено је да се међу одговорима ученика, осим у једном случају где је наведен пример из сопственог окружења, не налазе имена научника који се баве науком у садашњем тренутку, на основу чега би се могло потврдити да ученици немају савремене узоре (Osborne *et al.*, 2003). Осим имена Николе Тесле, ученици осећају дивљење према још пет научника српског порекла: Михајлу Пупину, Јосифу Панчићу, Јовану Цвијићу, Михаилу Петровићу Аласу, Милутину Миланковићу, али ниједно од открића које би се могло повезати са научним радом Цвијића, Аласа и Миланковића није назначено у одговорима тих ученика. Проналазачи који не могу бити поистовећени са научницима, као и открића која не могу бити окарактерисана као научна, наведени су у одговорима појединих ученика, што је запажено и у одговорима на претходно питање. Међу одговорима ученика, било је и оних у којима поред имена научника није наведено конкретно откриће, већ је указано на неке особине научника, област истраживања или допринос научног рада тог научника развоју друштва. Неповезаност имена научника и открића које му је приписано запажена је у два одговора. Тако је у једном случају откриће пеницилина приписано Лују Пастеру, а откриће сијалице Михајлу Пупину.

Када се упореде одговори наставника хемије о омиљеном научнику (Табела 4.12) са одговорима ученика о научницима чијем се лику и делу диве (Табела 4.39), уочавају се одређене сличности и разлике. Наставници хемије имају више узора међу научницима хемичарима у односу на ученике, што је и очекивано с обзиром на њихову професионалну оријентацију. Међу три најзаступљенија одговора наставника о омиљеном научнику такође се налазе имена Менделјејева и Николе Тесле, али са различитим фреквенцијама.

Последњим питањем у упитнику прикупљени су подаци о томе да ли би ученици желели да се у будућности баве науком (Табела 4.40), као и разлози за (не)постојање те жеље. Ако се изузме проценат ученика који није одговорио на ово питање (12,7 %), може се рећи да су ставови ученика о њиховом бављењу науком у будућности подељени. Број испитаника који не би желели да се баве научним радом једнак је броју испитаника који би то сигурно или можда желели (120 испитаника).

**Табела 4.40** Ставови ученика о сопственом бављењу науком у будућности

<b>Желео/ла бих да се у будућности бавим науком:</b>	<b>N (275)</b>	<b>% (100)</b>
Да	100	36,4
Можда	20	7,3
Не	120	43,6
Без одговора	35	12,7

У табели 4.41 наведена су образложења ученика из којих се могу сагледати њихови разлози за и против сопственог бављења науком у будућности.

**Табела 4.41** Образложења одговора ученика на питање о бављењу науком у будућности

<b>Објашњење</b>	<b>N (275)</b>	<b>% (100)</b>
Наука је занимљива	27	9,8
Да бих открио/ла нешто што би допринело да људи живе боље	27	9,8
Волим да радим експерименте, да проучавам и истражујем	13	4,7
Волео/ла бих да се бавим неком конкретном науком	16	5,8
Да бих проширио/ла сазнања	9	3,3
Да, индиректно, у склопу будућег занимања	4	1,5
Волео/ла бих да радим у лабораторији	2	0,7
Не видим себе у будућности као научника	39	14,2
Не, јер захтева много рада, одрицања и стрпљења	15	5,4
Бављење науком је компликован и тежак посао	15	5,4
Имам друга интересовања	11	4,0
Не волим природне науке, али бих се бавио/ла друштвеним наукама	9	3,3
Наука је досадна	4	1,5
Не, због лоших услова у земљи за бављење науком	1	0,4
Без одговора	83	30,2

Одговор на питање, да ли би се у будућности бавили научним радом, образложило је 192 од 275 ученика. Од тога, приближан је број образложења која говоре у прилог бављења науком (98) и оних кроз која није исказан афинитет за бављење научним радом (94). Да је наука занимљива, да би волели да се баве конкретном науком или науком интегрисаном у будуће занимање, да воле да сазнају, истражују и изводе експерименте, да их привлачи рад у лабораторији, да би желели да открију нешто што би било значајно за даљи напредак друштва образложења су ученика који би желели да се баве науком у будућности. Ученици који себе у будућности не могу да замисле као научнике, у склопу свог одговора навели су и разлоге због којих не желе да се баве научним радом. Први разлог је њихово лоше постигнуће из школских предмета у оквиру којих се уче садржаји природних наука. У литератури такође постоје резултати истраживања који

указују да су постигнућа ученика у науци повезана са њиховим ставовима према науци (на пример, Simpson and Oliver, 1990; Freedman, 1997). Други наведени разлог јесте општа незаинтересованост за бављење науком. Међутим, одговори неколико ученика указују да заинтересованост ученика за бављење науком у будућности зависи од тога да ли је реч о природној или друштвеној науци. Ученици професију научника доживљавају као тешку и компликовану, а такође наводе и да бављење научним радом захтева континуиран рад, много труда и одрицања, за шта су потребне особине које, како наводе, сами не поседују. Неки ученици су већ одлучили која ће бити њихова професија и имају потпуно другачија интересовања, па из тог разлога не желе да се баве научним радом у будућности. За четири ученика наука је досадна, док се из одговора једног ученика може видети како на опредељење ученика за бављење одређеном професијом може утицати њен статус у друштву и економска ситуација у земљи.

Помоћу табела контингенције испитано је да ли постоји повезаност између пола ученика и њихових одговора на питање о бављењу науком у будућности, као и између оцена ученика из хемије и из историје и одговора на исто питање. Статистички значајна вредност хи квадрата говори о повезаности пола испитаника и афинитета ученика према бављењу науком у будућности ( $\chi^2=10,864$ ;  $df=3$ ;  $p=0,012$ ), док се на основу ниске вредности Крамеровог коефицијента (*Cramer's V*=0,199) може закључити да је реч о скромној повезаности те две варијабле. Девојчице су више од дечака одговарале да би желеле да се баве науком у будућности, што се разликује од налаза из литературе према којима дечаки имају позитивније ставове о професији научника од девојчица (на пример, Simpson and Oliver, 1985; Schibeci and Riley, 1986; Jones *et al.*, 2000) или налаза према којима разлика у тим ставовима у зависности од пола није пронађена (Salta and Tzougraki, 2004).

Разматрањем табеле контингенције уочено је да су ученици са вишим оценама из хемије у већем броју потврдно одговарали на питање о бављењу науком у будућности од ученика са слабијим постигнућима, што је налаз који се може пронаћи и у литератури (Simpson and Oliver, 1990). Утврђена је статистички значајна повезаност између оценова из хемије и жеље ученика да се у будућности баве науком ( $\chi^2=25,300$ ;  $df=12$ ;  $p=0,013$ ), али ниска вредност

Крамеровог коефицијента (*Cramer's V*=0,175) указује на слабу корелацију. Статистички значајна повезаност није пронађена између оцене ученика из историје и жеље ученика за бављењем науком у будућности ( $\chi^2=19,250$ ;  $df=12$ ;  $p=0,083$ ; *Cramer's V*=0,153).

## 4.2. Резултати и дискусија главних истраживања

### 4.2.1. Резултати и дискусија испитивања ефеката учења лекције

#### Увод у органску хемију у контексту историје хемије

Резултати истраживања су организовани и дискутовани према постављеним хипотезама истраживања.

##### 4.2.1.1. Резултати у вези с првом истраживачком хипотезом

Да би се проверила прва истраживачка хипотеза, иницијалним тестом је испитана уједначеност група по предзнању, а затим су анализирани писани ученички аргументи и обрађени резултати финалног теста.

###### 4.2.1.1.a Дистрибуција укупних резултата на иницијалном и финалном тесту

У Табели 4.42 приказане су карактеристике дистрибуције резултата у обе групе испитаника на иницијалном и финалном тесту: број испитаника ( $N$ ), минималан ( $Min$ ) и максималан ( $Max$ ) број поена на тесту, аритметичка средина ( $Mean$ ), стандардна девијација ( $Sd$ ), проценат тачних одговора у свакој групи ( $p$ ), и скјунис ( $skewness$ ) и куртозис ( $kurtosis$ ) вредности.

**Табела 4.42** Дескриптивна статистика ученичких постигнућа на иницијалном и финалном тесту (максималан број поена на иницијалном тесту је 41, а на финалном 31)

	Група	$N$	$Min$	$Max$	$Mean$	$Sd$	$p$	$Skewness$	$Kurtosis$
Иницијални тест	А	43	6	39	23,9	8,3	58,3	-0,301	-0,673
	Б	62	0	36	21,7	9,3	52,9	-0,675	-0,318
Финални тест	А	43	0	30	17,0	7,8	54,8	-0,436	-0,865
	Б	62	0	28	15,2	7,1	49,0	-0,198	-0,510

Да би се ипитало да ли резултати подлежу нормалној расподели, одређене су скјунис и куртозис вредности. Као што се може видети у Табели 4.42, ове вредности налазе се унутар прихватљивог опсега ( $\pm 1$ ), па се стога може сматрати да је дистрибуција резултата нормална. Након што је испитана једнакост варијанси употребом Левановог теста (*Levene's Test*), чији су резултати приказани у Табели 4.43, закључено је да не постоји статистички значајна разлика између укупног постигнућа групе А и групе Б на иницијалном тесту. Такође, ни на финалном тесту није пронађена статистички значајна разлика између укупног постигнућа групе А и групе Б.

**Табела 4.43** Резултати *t*-теста за испитивање разлике у аритметичким срединама независних узорака за иницијални и за финални тест

		Levene's Test for Equality of Variances					
		F	Sig.	<i>t</i>	<i>df</i>	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
<b>Иницијални тест</b>	Equal variances assumed	0,588	0,44	1,25	103	0,21	2,22
	Equal variances not assumed			1,28	96,56	0,20	2,22
<b>Финални тест</b>	Equal variances assumed	1,141	0,29	1,21	103	0,23	1,78
	Equal variances not assumed			1,19	84,61	0,24	1,78

#### 4.2.1.1.6 Резултати по задатку иницијалног теста

У Табели 4.44 приказан је број и проценат ученика у обе групе који су тачно одговорили на захтеве иницијалног теста, као и вредности *t* теста којим је испитивана статистичка значајност разлике процената тачних одговора у групама А и Б. Проенти тачних одговора у обе групе указују на слично предзнање ученика о структури атома угљеника, својствима и хемијским променама угљеника и његових једињења, валенци елемената у једињењима, о својствима неметала и метала, и практичној примени неорганских једињења. Такође, слична је овладаност ученика обе групе у писању хемијских формула и хемијских једначина. Одговори ученика на захтеву 9а открили су да одређивање коефицијената у хемијској једначини представља проблем за обе групе. Статистички значајна разлика између процената тачних одговора у групама нађена је на три од 41 захтева иницијалног теста. При томе је група Б постигла статистички значајно већи број тачних одговора на једном захтеву (4б), а група А на два захтева (6б и 6в). Нађене статистички значајне разлике се односе на повезивање поларности различитих супстанци с њиховом растворљивошћу у поларном растварачу - вода (захтев 4б), и на идентификовање класе неорганских једињења којој припада једињење задате формуле (захтеви: 6б - киселине и 6в - базе).

**Табела 4.44** Резултати иницијалног теста (максимални број поена 41)

Захтев	Тачни одговори у групи А		Тачни одговори у групи Б		<i>t</i> <i>p</i> <sub>А-Б</sub>
	Број (N=43)	Процент, %	Број (N=62)	Процент, %	
<b>1а</b>	34	79,1	46	74,2	0,58
<b>1б</b>	35	81,4	47	75,8	0,68
<b>1в</b>	41	95,3	54	87,1	1,41
<b>1г</b>	41	95,3	53	85,5	1,61
<b>1д</b>	27	62,8	40	64,5	-0,18



Захтев	Тачни одговори у групи А		Тачни одговори у групи Б		<i>t</i> Број, <i>N</i>
	Број ( <i>N</i> =43)	Процент, %	Број ( <i>N</i> =62)		
1ђ	12	27,9	17	27,4	0,06
1е	15	34,9	24	38,7	-0,40
1ж	21	48,8	26	41,9	0,70
1з	21	48,8	33	53,2	-0,44
1и	17	39,5	35	56,5	-1,71
2а	29	67,4	33	53,2	1,45
2б	34	79,1	45	72,6	0,76
2в	38	88,4	49	79,0	1,26
2г	34	79,1	41	66,1	1,45
3а	20	46,5	26	41,9	0,47
3б	21	48,8	24	38,7	1,03
3в	20	46,5	23	37,1	0,96
3г	28	65,1	39	62,9	0,23
3д	14	32,6	12	19,4	1,54
4а	21	48,8	33	53,2	-0,44
4б	13	30,2	34	54,8	-2,49*
4в	15	34,9	19	30,6	0,46
5а	38	88,4	45	72,6	1,96
5б	17	39,5	14	22,6	1,87
5в	17	39,5	20	32,3	0,76
5г	15	34,9	12	19,4	1,79
6а	27	62,8	36	58,1	0,48
6б	37	86,0	38	61,3	2,75**
6в	37	86,0	39	62,9	2,60*
6г	26	60,5	30	48,4	1,22
7а	19	44,2	24	38,7	0,56
7б	12	27,9	20	32,3	-0,48
7в	19	44,2	27	43,5	0,07
8а	25	58,1	34	54,8	0,34
8б	29	67,4	40	64,5	0,31
8в	37	86,0	43	69,4	1,96
8г	31	72,1	35	56,5	1,63
9а	4	9,3	1	1,6	1,82
9б	28	65,1	43	69,4	-0,46
9в	36	83,7	48	77,4	0,79
9г	24	55,8	44	71,0	-1,60

\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,05.

\*\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,01.

#### 4.2.1.1.в Анализа аргумената

Аргументи ученика, записани након слушања четири аудио снимка, анализирани су и вредновани према приступу описаном у оквиру поглавља 3.2.1.1.в. У Табели 4.45 приказане су фреквенције одговора који имају структуру аргумента (закључак и најмање једно оправдање). Тачни закључци су болдовани.

**Табела 4.45** Фреквенција аргумената према закључку који садрже (нису разматрани одговори који немају структуру аргумента)

Питање	Закључак	Фреквенција одговора	
		N (43)	% (100)
1. С данашње тачке гледишта, који је научник био у праву на почетку 19. века по питању стварања органских једињења, Велер или Берцелијус? Који су твоји аргументи за такву процену?	<b>Велер</b>	<b>37</b>	<b>86,0</b>
	Берцелијус	4	9,3
2. С данашње тачке гледишта, да ли је Берцелијус исправно разликовао неорганска и органска једињења према њиховим променама при загревању? Који су твоји аргументи за такву процену?	<b>Да</b>	<b>33</b>	<b>76,7</b>
	Не	5	11,6
3. С данашње тачке гледишта, да ли је Лавоазјеов оглед сагоревања органских једињења довољан за утврђивање елементалног састава свих органских једињења? Који су твоји аргументи за такву процену?	Да	1	2,3
	<b>Не</b>	<b>38</b>	<b>88,3</b>
4. С данашње тачке гледишта, који научник је био у праву по питању валенце угљеника у једињењима, Кекиле или Купер? Који су твоји аргументи за такву процену?	Кекиле	7	16,3
	<b>Купер</b>	<b>33</b>	<b>76,7</b>
	Обојица	1	2,3

Процент исправних закључака је висок у све четири ситуације аргументовања и креће се од 76,7 % до 88,3 %. Аргументи са исправним закључцима су разврстани према категоријама и броју додељених поена и приказани у Табелама 4.46, 4.47, 4.48 и 4.49. Наведене табеле садрже реалне (изворне) одговоре ученика. У случајевима када је више од једног ученика написало аргумент са истом структуром и врло сличним садржајем, један од њих је изабран као репрезент тих сличних аргумената и представљен у табели. Фреквенције тих аргумената су наведене у последње две колоне табела.

У Табели 4.46 приказани су писани аргументи ученика након слушања интерпретације првобитног виђења Берцелијуса, с почетка 19. века, и виђења Велера о синтези органских једињења. Од 43 ученика, њих 37 је формулисало аргументе са тачним закључком и ти аргументи су приказани у табели која следи.

**Табела 4.46** Квалитет аргумената ученика који су сматрали да је Велерово виђење о могућој синтези органских једињења ван живих организама било исправно у односу на Берцелијусово мишљење (37 аргумената)

Аргумент	Категорија	Број поена	N (37)	% (100)
„Велер је био у праву јер је направио органско	IV	5	1	2,7

једињење уреу (део мокраће) без бубрега. Уреу је направио од неорганичких једињења и тако оповргао виталистичку теорију.“				
„Велер је био у праву јер животна сила не постоји. Он је синтетисао уреу.“	III	4	1	2,7
„Велер је био у праву јер је Берцелијус тврдио да су органска једињења настала у природи помоћу животне силе што је нетачно. Велер је из неорганичких једињења направио органско једињење.“	III	4	2	5,4
„Велер је био у праву јер се органска једињења састоје од истих елемената као и неорганичка. Животна сила нема улогу у стварању органских једињења.“	III	3	1	2,7
„Велер је био у праву зато што је доказао да је могуће од неорганичких супстанци добити органску. Добијање органских супстанци није превише сложено.“	III	3	1	2,7
„Велер је био у праву јер је први синтетисао једно органско једињење - уреу које је било саставни део урина.“	II	3	1	2,7
„Велер је био у праву јер је први синтетисао једно органско једињење - уреу, употребивши при томе неорганичке супстанце.“	II	3	3	8,1
„Велер је био у праву јер је показао да за синтезу органских једињења није потребна животна сила.“	I	2	6	16,2
„Велер је био у праву јер је први синтетисао органско једињење уреу.“	I	2	5	13,5
„Велер је био у праву јер је од неорганичких супстанци створио органску.“	I	2	5	13,5
„Велер је био у праву јер је Берцелијус мислио да је синтеза органских једињења из неорганичких немогућа“	I	2	1	2,7
„Велер је био у праву јер су органска једињења превише сложена да би настала ван организма.“	I	1	2	5,4
„Велер је био у праву јер су органска једињења била састављена од истих елемената као и неорганичка, само је распоред атома у органским једињењима другачији.“	I	1	1	2,7
„Велер је био у праву зато што је једињењима која постоје у живим бићима дат назив органска једињења.“	I	1	1	2,7
Закључак са смисленим, али нерелевантним оправдањем*	I	0	5	13,5
Закључак са бесмисленим оправдањем**	I	0	1	2,7

\*Као илустрација какви аргументи су процењени као нерелевантни, у овом случају може да послужи одговор ученика: „Велер је био у праву зато што тако пише на папиру.“

\*\*Као илустрација какви аргументи су процењени као бесмислени, у овом случају може да послужи одговор ученика: „Велер је био у праву зато што је мишљење да органска једињења постају неорганичка само мит.“

Структура највећег броја аргумената (72,9 %) у вези с првим аудио снимком (интерпретација Берцелијусовог виђења с почетка 19. века и Велеровог виђења о синтези органских једињења) је таква да имају закључак и једно оправдање, што одговара категорији I. Међу тим аргументима налазе се и они које садрже нерелевантно, бесмислено или нетачно оправдање. Тачно оправдање садржи мање од две трећине аргумената I категорије. Око четвртине аргумената у вези са првим аудио снимком има сложенију структуру (категорије II, III и IV). Међу њима, најфреквентнији су аргументи из категорије III, односно они који садрже закључак и два оправдања. Међутим, једно тачно и једно нетачно оправдање уграђено је у неким аргументима у категорији III. Аргументи, класификовани у категорију II поред једног оправдања садрже и додатни разлог (да је урин саставни део мокраће и да су приликом синтезе урее коришћене неорганске супстанце). Један аргумент у вези с првим аудио снимком садржи закључак, два тачна оправдања и додатни разлог што одговара IV категорији. Узимајући у обзир број ученика који су продуковали аргументе сложеније структуре од аргумената из категорије I, може се закључити да је четвртина ученика из узорка била способна да издвоји више релевантних информација, које су им биле посредоване кроз текст и први аудио снимак, како би њима подржали закључак и истовремено продуковали аргументе сложеније структуре.

У табели 4.47 приказани су аргументи ученика у вези с Берцелијусовим разликовањем неорганских и органских једињења на основу њихових промена при загревању. Тачан закључак садржан је у аргументима 33 од укупно 43 ученика и ти аргументи су приказани у следећој табели.

**Табела 4.47** Квалитет аргумената ученика који су сматрали да је Берцелијусово разликовање неорганских и органских једињења на основу промена при загревању било исправно (33 аргумента)

Аргумент	Категорија	Број поена	N (33)	% (100)
„Берцелијус је био у праву јер већина органских једињења сагорева при чему настаје угљен-диоксид и вода. Органске супстанце имају нижу температуру топљења у поређењу са неорганским супстанцама.“	IV	5	3	9,1
„Берцелијус је био у праву јер органске супстанце имају ниску температуру топљења, а неорганска	III	4	6	18,2

једињења високу. При загревању органска једињења сагоревају, док се неорганска једињења у чврстом агрегатном стању топе.“

„Берцелијус је био у праву јер органска једињења при загревању сагоревају до угљен-диоксида и воде, док се неорганска једињења у чврстом агрегатном стању топе.“

„Берцелијус је био у праву јер органска једињења имају нижу температуру топљења у односу на неорганска једињења.“

„Берцелијус је био у праву јер органска једињења при загревању горе, док се неорганска једињења у чврстом агрегатном стању топе.“

Закључак са смисленим, али нерелевантним оправдањем

Закључак са бесмисленим оправдањем

II	3	8	24,2
I	2	6	18,2
I	2	8	24,2
I	0	1	3,0
I	0	1	3,0

Највећи број аргумената (48,4 %) у вези са другим аудио снимком (Берцелијусово разликовање неорганских и органских једињења на основу промена којима подлежу приликом загревања) припада I категорији, тј. садржи закључак и једно оправдање. Од тих аргумената већина садржи тачно оправдање, док по један аргумент садржи нерелевантно и бесмислено оправдање. Међутим, у поређењу са бројем аргумената у категорији I, укупан број аргумената са сложенијом структуром је нешто већи (51,6 %). Међу њима, највише аргумената припада категорији II, који осим закључка и једног оправдања садрже додатни разлог (да су производи сагоревања органских једињења угљен-диоксид и вода). Аргументи који припадају категорији III садрже закључак и два оправдања (једно која се односи на упоређивање температуре топљења органских и неорганских једињења, и друго које се односи на промене којима при загревању подлежу органска и неорганска једињења). Аргументи који припадају категорији IV садрже закључак, два тачна оправдања и додатни разлог. У поређењу са бројем аргумената са сложенијом структуром, у вези с првим аудио снимком, ученици су продуковали више аргумената који припадају вишим категоријама у вези с другим снимком. То може бити објашњено чињеницом да је овај захтев био нешто отворенији од претходног, и да су ученици имали више могућност да употребе претходно знање. Другим речима, аргументи ученика нису били ограничени информацијама из текста и другим аудио снимком. Овај налаз комплементаран је налазима који се могу наћи у релевантној литератури, а који указују да

инструкције на радном листу могу подстаћи ученике да напишу аргумент комплексније структуре (Katevich *et al.*, 2013). Такође, сви аргументи који се налазе у II, III и IV категорији вредновани су са максималним бројем поена предвиђеним за ту категорију, односно сви њихови структурни делови су тачни.

У Табели 4.48 приказани су аргументи ученика о томе да ли је Лавоазјеов оглед сагоревања органских једињења довољан за утврђивање елементалног састава свих органских једињења. Од 43 ученика, њих 38 је у аргументима навело тачан закључак и аргументи тих ученика су приказани у табели која следи.

**Табела 4.48** Квалитет аргумената ученика у вези с питањем да ли се на основу производа сагоревања органских једињења у Лавоазјеовом експерименту може закључити о елементалном саставу свих органских једињења (38 аргумената)

Аргумент	Категорија	Број поена	N (38)	% (100)
„Лавоазјеов оглед није довољан зато што се органска једињења не састоје само од атома угљеника и водоника. У састав органских једињења улазе и кисеоник, сумпор, фосфор, азот и халогени елементи.“	II	3	29	76,3
„Оглед Лавоазјеа није довољан зато што се органска једињења не састоје само од атома угљеника и водоника, већ и неких других елемената.“	I	2	3	7,9
„Лавоазјеов оглед није довољан зато што се органска једињења састоје од више халогених елемената, а ређе фосфора и сумпора.“	I	1	1	2,6
Закључак са смисленим, али нерелевантним оправдањем	I	0	2	5,3
Закључак са бесмисленим оправдањем	I	0	3	7,9

Највећи број аргумената (76,3 %) у вези с трећим аудио снимком (Лавоазјеов оглед сагоревања органских једињења) припада категорији II. У тим аргументима је поред закључка и оправдања да се органска једињења не састоје само из атома угљеника и водоника, већ и других елемената, наведено који су то елементи. Нешто мање од четвртине продуктованих аргумената припада категорији I. Неки од аргумената из ове категорије садрже исти закључак као и аргументи из категорије II али без именована осталих елемената који улазе у састав органских једињења. У категорији I налазе се аргументи са нетачним оправдањем, нерелевантним оправдањем (на пример: „У органским једињењима угљеников атом је увек четворовалентан.“) и бесмисленим оправдањем. У

поређењу с првим и другим аудио снимком, контекст у коме се од ученика очекивало да продукују аргументе у вези с трећим аудио снимком, није ученицима пружао могућност да формулишу сложеније аргументе од категорије II.

У табели 4.49 приказани су аргументи ученика који су проценили да је Куперово виђење о валенци атома угљеника у једињењима исправније од Кекилеовог. Тај закључак је навело 33 од 43 ученика и ти аргументи су приказани у следећој табели.

**Табела 4.49** Квалитет аргумената ученика који су проценили да је Куперово виђење о валенци атома угљеника у једињењима исправније од Кекилеовог виђења (33 аргумента)

Аргумент	Категорија	Број поена	N (33)	% (100)
„Купер је био у праву јер неки елемент може имати различите валенце у различитим једињењима. Угљеник може имати валенцу два и четири.“	III	4	4	12,1
„Купер је био у праву јер валенца угљеника у неорганским једињењима може бити два и четири. Валенца угљеника у органским једињењима је увек четири“	III	4	6	18,2
„Купер је био у праву јер је доказао да елементи могу имати двојаку валенцу и да угљеник има двојаку везу.“	III	3	1	3,0
„Купер је био у праву јер угљеник може имати двојаку валенцу, два и четири.“	II	3	9	27,3
„Купер је у праву зато што елементи могу имати променљиву валенцу.“	I	2	3	9,1
„Купер је у праву зато што угљеник има двојаку валенцу.“	I	2	3	9,1
„Купер је у праву јер је Кекиле мислио да угљеник има валенцу четири и када је ван органских једињења.“	I	2	1	3,0
„Купер је у праву зато што угљеник нема само једну валенцу, већ може имати различите валенце у једињењима.“	I	2	3	9,1
„Купер је био у праву зато што угљеник има двојаку везу.“	I	1	2	6,1
Закључак са смисленим, али нерелевантним оправдањем	I	0	1	3,0

Више од трећине аргумената ученика у вези с четвртим аудио снимком (Куперово и Кекилеово виђење валенце атома угљеника у једињењима) припада категорији I. Међу њима се, поред аргумената који садрже тачно оправдање,

налазе и они који садрже нетачно или нерелевантно оправдање. Укупан број аргумената са сложенијом структуром (категорије II и III) у поређењу са бројем аргумената у категорији I је већи (60,6 %). Више од четвртине ученика пружило је аргумент, који поред закључка и оправдања садржи додатни разлог, тј. наведене су валенце угљеника у једињењима (категорија II). Остали аргументи са сложеном структуром садрже два оправдања уз закључак (категорија III). Већина њих садржи два тачна оправдања, док један аргумент садржи једно тачно и једно нетачно оправдање.

Укупан број продукованих аргумената са тачним закључком у оквиру четири ситуације аргументовања био је 141. Дистрибуција ових аргумената према категоријама и сваком аудио снимку приказана је у табели 4.50

**Табела 4.50** Фреквенције категорија аргумената са тачним закључком по аудио снимку

Аудио снимак	Категорија аргумента				Σ
	I	II	III	IV	
1.	27	4	5	1	37
2.	16	8	6	3	33
3.	9	29	-	-	38
4.	13	9	11	-	33
Σ	65	50	22	4	141
%	46,1	35,4	15,6	2,8	100

Структура највећег броја аргумената (46,1 %) састоји се од закључка и једног оправдања (категорија I). Међу тим аргументима налазе се и они чије је оправдање бесмислено или нерелевантно (10 %), као и они са нетачним оправдањем (5 %). Када се узме у обзир и тачност аргумента, увиђа се да највише тачних аргумената не припада категорији I већ категорији II (35,4 %). Анализа одговора је показала да су аргументи са нерелевантним оправдањем углавном настали тако што су ученици преузимали информације из текста без процене да ли су оне релевантне за одређену ситуацију. Сви аргументи са нерелевантним оправдањем припадају категорији I, док аргументи са нетачним оправдањем припадају категоријама I и III и проценат њихове заступљености је 7 %.

#### 4.2.1.1.2 Резултати по задатку финалног теста

Сви задаци финалног теста могли су се решити на основу садржаја текста који су читале обе групе. У табели 4.51 приказан је број и проценат ученика у



свакој групи који су тачно одговорили на захтеве финалног теста, као и вредности  $t$  теста којим је испитана статистичка значајност разлике процената тачних одговора у групама А и Б.

**Табела 4.51** Резултати финалног теста (максималан број поена 31)

Захтев	Тачни одговори у групи А		Тачни одговори у групи Б		$t$ $p_A-p_B$
	Број ( $N=43$ )	Процент, %	Број ( $N=62$ )	Процент, %	
1а	25	58,1	36	58,1	0,00
1б	28	65,1	49	79,0	-1,58
1в	18	41,9	32	51,6	-0,98
1г	33	76,7	45	72,6	0,47
1д	32	74,4	35	56,5	1,88
1ђ	37	86,0	53	85,5	0,07
2а	18	41,9	31	50,0	-0,82
2б	17	39,5	32	51,6	-1,22
2в	12	27,9	18	29,0	-0,12
3а	30	69,8	42	67,7	0,23
3б	31	72,1	42	67,7	0,48
3в	5	11,6	7	11,3	0,05
3г	36	83,7	25	40,3	4,43**
3д	31	72,1	32	51,6	2,11*
4	11	25,6	7	11,3	1,91
5а	19	44,2	19	30,6	1,43
5б	10	23,3	13	21,0	0,28
6а <sub>1</sub>	27	62,8	44	71,0	-0,88
6а <sub>2</sub>	26	60,5	33	53,2	0,74
6а <sub>3</sub>	31	72,1	36	58,1	1,47
6б <sub>1</sub>	26	60,5	45	72,6	-1,30
6б <sub>2</sub>	19	44,2	26	41,9	0,23
6б <sub>3</sub>	27	62,8	30	48,4	1,46
6в <sub>1</sub>	27	62,8	45	72,6	-1,06
6в <sub>2</sub>	19	44,2	24	38,7	0,56
6в <sub>3</sub>	24	55,8	29	46,8	0,91
7а	17	39,5	13	21,0	2,06*
7б	22	51,2	24	38,7	1,27
7в	34	79,1	49	79,0	0,01
8а	15	34,9	4	6,5	3,71**
8б	23	53,5	22	35,5	1,83

\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,05.

\*\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,01.

Процент тачних одговора у групама није се статистички значајно разликовао на захтевима о: елементалном саставу органских једињења, њиховој структури, валенци атома угљеника у неорганским и органским једињењима и температури топљења као једном од својстава по којем се разликују неорганска и органска једињења. Статистички значајно већи проценат тачних одговора дали су

ученици у групи А на четири захтева (3г, 3д, 7а и 8а). Захтевима 3г и 3д је проверавано да ли ученици разликују органска и неорганска једињења према растворљивости и понашању при загревању. Захтеви 7а и 8а односе се на познавање садржаја из историје развоја органске хемије.

Формулисање одговора на захтеву 3г, који се односи на растворљивост супстанци у неполарним растварачима, базирало се на информацијама о растворљивости неорганских и органских једињења у поларним и неполарним растварачима, наведеним у тексту који су читале обе групе. Захтев 3д односио се на препознавање угљен-диоксида и воде као продуката сагоревања органских једињења. Постигнуће ученика у групи Б на овом захтеву показује да иако нешто већи број њих познаје да угљеник и водоник улазе у састав органских једињења од ученика у групи А (према одговорима на захтевима 1б и 1в), мањи број ученика из групе Б предвиђа производе сагоревања супстанци са таквим саставом. Зато се статистички значајно веће постигнуће ученика из групе А на захтеву 3д може повезати са слушањем аудио снимка о Лавоазјеовом испитивању састава органских једињења њиховим сагоревањем до угљен-диоксида и воде, као и пратећим аргументовањем. Другим речима, може се претпоставити да је слушање снимка и аргументовање допринело повезивању производа сагоревања са саставом испитиване супстанце.

Садржаји из историје развоја органске хемије, о виталистичкој теорији као првој теорији о органским једињењима, њеном називу, шта се под њом подразумевало и зашто је касније оповргнута, обухваћени су текстом с којим су радили ученици обе групе. Те информације је исти проценат ученика у обе групе искористио у решавању захтева 1а. Зато би се статистички значајно већи проценат тачних одговора на захтевима 7а и 8а у групи А могао повезати са слушањем аудио снимка о Велеровој синтези урее и виђењу Берцелијуса о синтези органских једињења на почетку развоја органске хемије, као и пратећим аргументовањем. Захтев 8а је на нивоу репродукције (навођење назива теорије). Процент тачних одговора указује да је већи број ученика запамтио назив теорије на основу слушања аудио снимка поред читања текста (група А), него само на основу читања текста (група Б).

Поред ових разлика које су статистички значајне, већи проценти тачних одговора ученика у групи А у односу на групу Б на захтевима 3а, 3б и 4, могу се повезати с утицајем процеса аргументовања након слушања аудио снимка о Берцелијусовој подели једињења на неорганска и органска на основу њихових промена при загревању. Већи проценат тачних одговора у групи А у односу на групу Б на захтеву 7б може се повезати с аргументовањем након слушања аудио снимка о виђењима Кекилеа и Купера о валенци атома угљеника у једињењима. Процес аргументовања након слушања аудио снимка о Лавоазјеовом огледу сагоревања органског једињења ради утврђивања присуства угљеника и водоника може се повезати и с већим процентом тачних одговора у групи А на захтеву 1г (у аргументима су ученици нагласили да тај оглед не пружа увид који још елементи улазе у састав органских једињења, Табела 4.48). Такође, позитиван ефекат аргументовања након слушања аудио снимка о супростављеним виђењима Берцелијуса и Велера могао би се довести у везу с бољим постигнућем ученика на захтеву 8б.

#### *4.2.1.1.д Повезаност квалитета аргумената и постигнућа ученика на финалном тесту*

Како бисмо испитали каква је корелација између квалитета продукованих аргумената након слушања четири аудио снимка, тј. суме поена додељених аргументима, вреднованим на претходно описан начин, и укупног постигнућа ученика групе А на финалном тесту одређен је Пирсонов коефицијент корелације (*Pearson's Correlation Coefficient*). Изведене су прелиминарне анализе ради утврђивања линеарности, нормалности и хомогености варијансе, а затим је израчунат Пирсонов коефицијент корелације који износи 0,454 (*Sig. 0,002*) и статистички је значајан на нивоу 0,01 (2-tailed).

Две групе ученика, од којих је једна (група А) била укључена у процес аргументовања а друга не (група Б), нису се статистички значајно разликовале према постигнућима на иницијалном тесту. На финалном тесту група А је постигла боље резултате од групе Б, али разлика између аритметичких средина постигнутих резултата у групама није статистички значајна. Испитивање статистичке значајности разлике процената тачних одговора на задацима финалног теста показало је да се статистички значајно већи проценти тачних

одговора на појединим захтевима у групи А, у односу на групу Б, могу повезати са слушањем аудио снимака и аргументовањем у контексту историје развоја органске хемије. Висина коефицијента корелације указује на умерен ефекат аргументовања у историјском контексту на постигнућа ученика групе А на финалном тесту. На основу тога, може се закључити да аргументовање у контексту историје хемије има потенцијал да допринесе бољим ученичким постигнућима, али је он недовољан да доведе до статистички значајно већих укупних постигнућа од постигнућа групе која није била изложена активностима аргументовања. Стога прва истраживачка хипотеза, да аргументовање и квалитет аргумената у контексту историје развоја органске хемије доприноси статистички значајно бољим постигнућима ученика у вези са саставом, структуром и општим својствима органских једињења у односу на наставу која не обухвата аргументовање, може бити само делимично прихваћена.

#### **4.2.1.2. Резултати у вези с другом истраживачком хипотезом**

Да би се испитао утицај аргументовања у контексту историје развоја органске хемије на виђење ученика о променљивости научног знања, обе групе ученика су на петостепеној Ликертовој скали процене изразиле степен слагања са исказом да су научне теорије подложне промени. Они су то учинили пре интервенције и после интервенције. Добијени резултати су приказани у табели 4.52.

**Табела 4.52** Степен слагања ученика групе А и групе Б са исказом да су научне теорије подложне промени (%)

Научне теорије су подложне промени.	Уопште се не слажем		Претежно се не слажем		И слажем се и не слажем се		Претежно се слажем		У потпуности се слажем		Није одговорило	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Група А	4,7	7,0	4,7	0,0	34,9	7,0	23,3	23,3	23,3	32,6	9,3	30,2
Група Б	8,1	17,7	9,7	14,5	30,6	22,6	19,4	17,7	17,7	16,1	14,5	11,3

I Процена ученика пре интервенције

II Процена ученика после интервенције

Када се упореди степен слагања са наведеним исказом пре и после интервенције, у групи А се уочава пораст процента ученика који су изразили

слагање у две највише категорије слагања (са 46,6 % на 55,9 %), и опадање процента ученика у две категорије неслагања (са 9,4 % на 7,0 %). У групи Б запажено је померање резултата на супротну страну. Процент ученика који су изразили слагање у две највише категорије слагања је опао (са 37,1 % на 33,8 %), а порастао је проценат ученика у категоријама неслагања (са 17,8 % на 32,2 %). Када се упореде одговори ученика обе групе пре и после интервенције, уочава се да је након процеса аргументовања у вези са садржајима из историје развоја органске хемије, већи број ученика групе А прихватио да је научно знање подложно промени. Мен-Витни Валисовим тестом (*Mann-Whitney Wallis statistic*) испитано је постојање статистички значајне разлике у виђењима ученика групе А и групе Б о кључној карактеристици природе науке, да је научно знање подложно промени (Lederman, 2007). Статистички значајна разлика између виђења ученика групе А и групе Б о овом аспекту природе науке, није нађена пре интервенције ( $U = 903,500$ ;  $p = 0,285$ ), али је утврђена након интервенције ( $U = 457,500$ ;  $p = 0,001$ ). Помоћу табела контингенције утврђено је да су ученици групе А сигурнији од ученика групе Б у процени да је научно знање подложно промени. На основу тога се може прихватити друга истраживачка хипотеза да аргументовање у контексту историје развоја органске хемије статистички значајно повећава број ученика који сматрају да је научно знање подложно промени у односу на наставу која не обухвата аргументовање.

#### 4.2.2. Резултати и дискусија испитивања ефеката систематизације лекција о гасовима у контексту историје хемије

У Табели 4.53 приказане су карактеристике дистрибуције резултата у обе групе испитаника на иницијалном и финалном тесту: број испитаника ( $N$ ), минималан ( $Min$ ) и максималан ( $Max$ ) број поена на тесту, аритметичка средина ( $Mean$ ), стандардна девијација ( $Sd$ ), проценат тачних одговора ( $p$ ), скјунис ( $skewness$ ) и куртозис ( $kurtosis$ ) вредности.

**Табела 4.53** Дескриптивна статистика ученичких постигнућа на иницијалном и финалном тесту (максималан број поена на иницијалном тесту је 15, а на финалном 16)

	Група	$N$	$Min$	$Max$	$Mean$	$Sd$	$p$	$Skewness$	$Kurtosis$
Иницијални тест	А: Историјски приступ	63	4	15	11,3	2,4	75,3	-1,027	1,116
	Б: Савремени приступ	66	5	15	10,8	2,4	72,0	-0,822	0,286
Финални тест	А: Историјски приступ	63	5	16	12,2	2,5	76,1	-0,608	0,370
	Б: Савремени приступ	66	4	16	12,0	2,5	75,1	-0,900	0,918

Скјунис ( $skewness$ ) вредности дистрибуције резултата у обе групе испитаника на оба теста су негативне и указују на негативно закривљену дистрибуцију са асиметричним репом који се протеже ка више негативним вредностима. Апсолутне вредности су мање од један што значи да је асиметричност обе дистрибуције мала. Позитивне куртозис ( $kurtosis$ ) вредности за дистрибуцију резултата на иницијалном и на финалном тесту у обе групе указују на дистрибуцију с пиком.

Статистичка значајност разлике у постигнућима групе А и групе Б испитана је Крускал Валисовим тестом (*Kruskal Wallis' test*), а резултати овог теста приказани су у Табели 4.54.

**Табела 4.54** Резултати Крускал Валисовог теста за иницијални и финални тест

	Група	$N$	$Mean\ rank$	$Chi-square$	$df$	$Asymp.\ sig.$
Иницијални тест	А: Историјски приступ	63	69,46	1,795	1	0,180
	Б: Савремени приступ	66	60,74			
Финални тест	А: Историјски приступ	63	66,02	0,093	1	0,761
	Б: Савремени приступ	66	64,03			

Како је за добијене вредности хи квадрата (*chi-square*) ниво статистичке значајности већи од 0,05 може се закључити да не постоји статистички значајна разлика у постигнућима ученика у групама А и Б на иницијалном тесту, као ни на финалном тесту.

У Табели 4.55 приказан је број и проценат ученика у обе групе који су тачно одговорили на захтеве на иницијалном тесту, као и вредности *t* теста којим је испитана статистичка значајност разлике процената тачних одговора у групама А и Б.

**Табела 4.55** Резултати иницијалног теста (максималан број поена 15)

Захтев	Тачни одговори у групи А		Тачни одговори у групи Б		<i>t</i> <i>p<sub>A</sub>-p<sub>B</sub></i>
	Број ( <i>N</i> =63)	Процент, %	Број ( <i>N</i> =66)	Процент, %	
<b>1a<sub>1</sub></b>	59	93,7	55	83,3	1,84
<b>1a<sub>2</sub></b>	25	39,7	22	33,3	0,76
<b>1b<sub>1</sub></b>	52	82,5	44	66,7	2,06*
<b>1b<sub>2</sub></b>	43	68,3	42	63,6	0,56
<b>2a</b>	42	66,7	49	74,2	-0,93
<b>2b</b>	56	88,9	63	95,5	-1,40
<b>2в</b>	53	84,1	54	81,8	0,35
<b>2г</b>	41	65,1	44	66,7	-0,19
<b>3a</b>	58	92,1	58	87,9	0,79
<b>3b</b>	57	90,5	56	84,8	0,98
<b>3в</b>	58	92,1	59	89,4	0,53
<b>3г</b>	57	90,5	60	90,9	-0,08
<b>4a</b>	19	30,2	18	27,3	0,36
<b>4b</b>	50	79,4	50	75,8	0,49
<b>4в</b>	41	65,1	36	54,5	1,23

\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,05.

Једина статистички значајна разлика између процената тачних одговора у групи А и групи Б установљена је на захтеву којим је проверено знање ученика о томе да угљен-диоксид не може бити реактант у реакцији сагоревања, односно да овај гас не подржава горење. На том захтеву у групи А је постигнут статистички значајно бољи резултат.

Процент тачних одговора на већини захтева иницијалног теста је висок у обе групе испитаника. Од 15 захтева на иницијалном тесту, само на два захтева је мање од половине ученика у свакој групи одговорило тачно. Приближно трећина испитаника у обе групе је тачно навела каква је густина кисеоника у односу на ваздух. Појам густине се учи у оквиру наставе физике, а различита истраживања су указала да постоји проблем ученика с трансфером тог знања у област хемије

(Martin *et al.*, 2004; Martin *et al.*, 2008). Друго ниско постигнуће такође указује на проблем повезан с трансфером знања стеченог у оквиру другог предмета. Ради се о појму фотосинтеза који се обрађује у оквиру наставе биологије. Мање од трећине ученика обе групе је написало да су CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O потребни биљкама у процесу фотосинтезе. Овај резултат је у сагласности са резултатима истраживања који указују на проблеме ученика у разумевању процеса фотосинтезе (Stavy *et al.*, 1987; Eisen and Stavy, 1988).

У Табели 4.56 приказан је број и проценат ученика у свакој групи који су тачно одговорили на захтеве финалног теста, као и вредности *t* теста којим је испитана статистичка значајност разлике процената тачних одговора у групама А и Б.

**Табела 4.56** Резултати финалног теста (максимални број поена 16)

Захтев	Тачни одговори у групи А		Тачни одговори у групи Б		<i>t</i> <i>p<sub>A</sub>-p<sub>B</sub></i>
	Број ( <i>N</i> =63)	Процент, %	Број ( <i>N</i> =66)	Процент, %	
<b>1А</b>	52	82,5	52	78,8	0,53
<b>1Б</b>	47	74,6	53	80,3	-0,78
<b>2А</b>	26	41,3	25	37,9	0,39
<b>2Б</b>	8	12,7	8	12,1	0,10
<b>3</b>	24	38,1	21	31,8	0,75
<b>4А</b>	62	98,4	63	95,5	0,95
<b>4Б</b>	57	90,5	51	77,3	2,03*
<b>5А</b>	58	92,1	57	86,4	1,04
<b>5Б</b>	58	92,1	57	86,4	1,04
<b>6</b>	57	90,5	62	93,9	-0,72
<b>7А</b>	57	90,5	62	93,9	-0,72
<b>7Б</b>	57	90,5	62	93,9	-0,72
<b>7В</b>	58	92,1	64	97,0	-1,23
<b>7Г</b>	58	92,1	63	95,5	-0,80
<b>8А</b>	53	84,1	59	89,4	-0,89
<b>8Б</b>	37	58,7	35	53,0	0,65

\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,05.

Од 16 захтева на финалном тесту, група А је постигла виши проценат тачних одговора од групе Б на девет захтева. Међутим, статистички је значајна разлика између процената тачних одговора у групи А и групи Б само на једном захтеву (4Б) и то у корист групе А. Тај захтев се односи на објашњење зашто одређена етикета одговара саставу газиране минералне воде. Такав резултат се може повезати с утицајем приче о Пристлијевом раду на открићу сода воде, која се налазила у текстуалном материјалу с којим су радили ученици у групи А. Кроз



ову причу, ученици су могли да опазе различите карактеристике научног рада: радозналост, посматрање и експериментисање, ослањање на рад других научника, креативност и прихватање од стране научне заједнице. Можемо да претпоставимо да је то допринело усвајању информације да је угљен-диоксид састојак сода воде и примени те информације у новој ситуацији (током решавања захтева 4Б на финалном тесту). Група Б је радила са текстом у којем је описан индустријски процес производње газираних пића, у коме није приказана улога појединца у том процесу.

Од укупно 16 захтева, на 12 захтева је одговорило око три четвртине и више ученика у обе групе. Два захтева у којима је одговорило око трећине ученика и мање односе се на извођење закључака на основу описане ситуације (2А и 2Б). Очекивани су закључци о својству  $\text{CO}_2$  да не подржава горење, тј. да није реактант у реакцији оксидације и да има већу густину од ваздуха. Према резултатима иницијалног теста та својства  $\text{CO}_2$  познаје више од две трећине ученика у обе групе, али за једну трећину ученика то знање није функционално у смислу да га могу применити у некој новој ситуацији, на пример у контексту гашења пожара. Овај резултат указује на проблеме ученика у повезивању концептуалних и контекстуалних идеја. На то указује и постигнуће ученика обе групе на трећем задатку финалног теста у којем се од њих тражило да предложе оглед којим би доказали, по сопственом избору, неко својство  $\text{CO}_2$ . Ученици обе групе су пре истраживања имали исто искуство у погледу посматрања демонстрационих огледа и лабораторијског рада. Описи Пристлијевог експерименталног рада, приказани у текстуалном материјалу с којим су радили ученици у групи А, нису утицали да они у већем броју, по моделу рада Пристлија, предлажу огледе за доказивање својстава  $\text{CO}_2$ .

Четврти захтев финалног теста који се издваја по нижем проценту тачних одговора јесте захтев 8Б. У обе групе је више од половине ученика објаснило процес фотосинтезе. Међутим, слично постигнуће у обе групе испитаника указује да историјски приступ, који обухвата приказ Пристлијевог експерименталног рада с воденим биљкама, нема већи утицај на постигнућа ученика од савременог приступа. Већина ученика у обе групе зна чињеницу о настајању кисеоника у процесу фотосинтезе (нешто више од 75 % ученика је показало то знање на

иницијалном тесту), али је ту чињеницу у објашњавању описаног експеримента *акваријум са воденом биљком* применило нешто више од половине ученика у свакој групи. И у овом случају уочен је проблем у повезивању концептуалних и контекстуалних идеја.

Ученици који су радили према Б приступу, односно у контексту савременог живота, успешније су решили четири захтева 7. задатка, који је поновљен задатак са иницијалног теста, али разлика у постигнућима није статистички значајна. Боља постигнућа ученика у групи Б на четири захтева 7. задатка финалног теста у поређењу са четири захтева 3. задатка иницијалног теста указује да савремени приступ може бити ефикаснији у случају класификације хемијских реакција на реакције синтезе или анализе у односу на историјски приступ.

Према добијеним резултатима хипотеза коју смо поставили на почетку истраживања, да ће историјски контекст о открићу гасова и изучавању њихових својстава више продубити ученичко разумевање својстава и практичне примене гасова него савремени контекст, не може се прихватити. Гледано у целини, у овом истраживању су се показала подједнако ефективна оба приступа, и историјски и савремени. Статистички значајна разлика на једном захтеву финалног теста се може повезати с утицајем епизоде из историје хемије, те се даље може истраживати која комбинација историјског и савременог приступа може унапређивати разумевање хемијских појмова, као и природе науке и научноистраживачког рада.

### 4.2.3. Резултати и дискусија ефеката проверавања ученичких постигнућа у вези са Законом одржања масе у контексту историје хемије

Карактеристике дистрибуције укупних резултата приказане су у Табели 4.57. Скјунис и куртозис вредности (*skewness* и *kurtosis*) налазе се у опсегу  $\pm 1$ , па се стога може рећи да резултати у свим групама подлежу нормалној расподели.

**Табела 4.57** Карактеристике дистрибуције резултата у свим групама (максималан број поена 18)

Група	<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>p</i>	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>
7. разред основне школе	90	2	16	8,3	3,0	46,1	0,197	-0,270
8. разред основне школе	107	2	15	8,2	2,6	45,6	0,027	0,040
2. разред гимназије	104	4	17	9,2	3,1	51,1	0,273	-0,702

Анализом варијансе (Табела 4.58) утврђено је постојање статистички значајне разлике између постигнућа три групе ученика на тесту ( $F = 3,50$ ;  $p < 0,05$ ). Применом Тукеј теста (*Tukey test*) утврђено је да се аритметичке средине постигнућа ученика седмог и осмог разреда статистички значајно не разликују, као ни аритметичке средине постигнућа ученика седмог разреда основне школе и ученика другог разреда гимназије. Тукеј тест је показао да је аритметичка средина постигнућа ученика другог разреда гимназије статистички значајно већа од аритметичке средине постигнућа ученика осмог разреда основне школе на нивоу значајности 0,05.

**Табела 4.58** Резултати једнофакторске анализе варијанси (*One-way ANOVA*) за аритметичке средине постигнућа на тесту

		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
	Између група	58,75	2	29,38	3,50	0,03*
Тест	У оквиру група	2502,66	298	8,40		
	Укупно	2561,42	300			

\* статистички значајно на нивоу  $p < 0,05$

У Табели 4.59 приказан је проценат ученика у свим групама који су тачно одговорили на захтеве теста, као и вредности *t* теста који је употребљен да би се

испитало постојање статистички значајне разлике у процентима тачних одговора између група.

**Табела 4.59** Процент тачних одговора у групама ученика и вредности  $t$  теста

Захтеви	Процент тачних одговора, %			$t$		
	7. разред	8. разред	2. разред	$p_7 - p_8$	$p_7 - p_2$	$p_8 - p_2$
<b>1</b>	61,1	58,9	62,5	0,31	-0,20	-0,54
<b>2</b>	18,9	12,1	28,9	1,32	-1,61	-3,03**
<b>3</b>	42,2	31,8	46,2	1,51	-0,56	-2,15*
<b>4</b>	33,3	21,5	12,5	1,86	3,48**	1,74
<b>5. А</b>	34,4	31,8	56,7	0,39	-3,11**	-3,64**
<b>5. Б</b>	86,7	82,2	61,6	0,86	3,95**	3,33**
<b>5. В</b>	5,6	3,7	14,4	0,64	-2,01*	-2,72**
<b>6. А</b>	50,0	48,6	50,0	0,20	0,00	-0,2
<b>6. Б</b>	61,1	77,6	77,9	-2,52*	-2,55*	-0,05
<b>6. В</b>	73,3	67,3	76,9	0,92	0,75	-1,55
<b>6. Г</b>	27,8	5,6	16,3	4,26**	1,94	-2,50*
<b>7. А</b>	70,0	63,6	79,8	0,95	-1,75	-2,61**
<b>7. Б</b>	51,1	49,5	57,7	0,22	-0,92	-1,19
<b>8. А</b>	62,2	66,4	79,8	-0,61	-2,71**	-2,19*
<b>8. Б</b>	63,3	68,2	76,9	-0,72	-2,07*	-1,41
<b>8. В</b>	28,9	30,8	36,5	-0,29	-1,12	-0,88
<b>9</b>	48,9	69,2	50,9	-2,90**	-0,29	2,71**
<b>10</b>	13,3	12,1	30,8	0,25	-2,90**	-3,32**

\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,05.

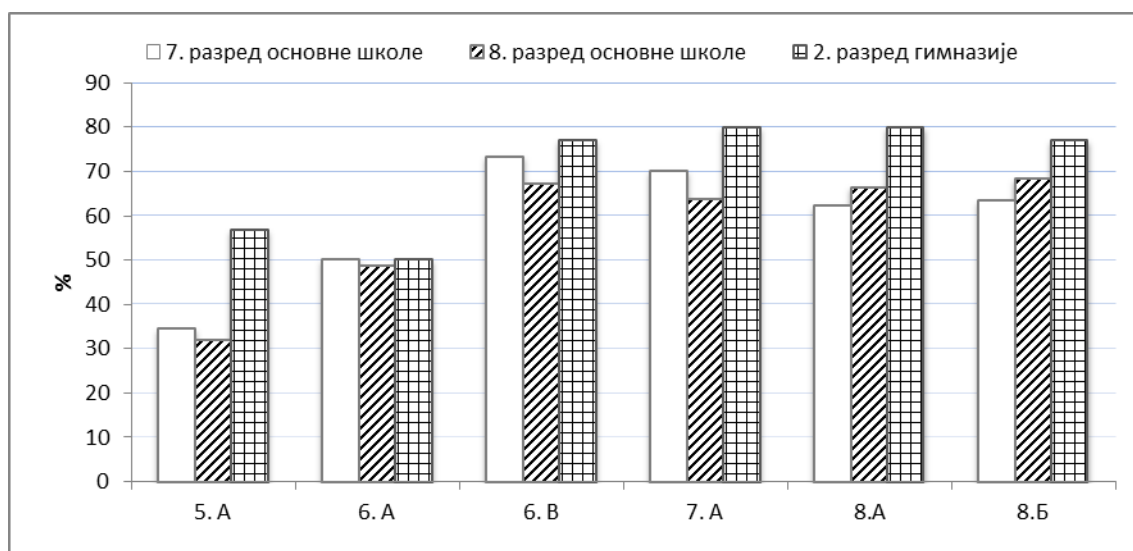
\*\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,01.

Како би се стекао увид шта се дешава када се ученици различитог узраста поставе у позицију да резонују о историјским епизодама и модерним примерима кроз сличне мисаоне процесе и како они употребљавају информације из текста о историји хемије и о реалним школским или ваншколским ситуацијама, добијени

результати су разматрани према индикаторима наведеним у Табели 3.20. Према тим индикаторима резултати су организовани и приказани у наставку.

#### 4.2.3.1. Предвиђање резултата експеримената

На слици 4.1 приказан је проценат тачних одговора у свим групама ученика на захтевима у вези са предвиђањем експерименталних резултата.



Слика 4.1 Процент тачних предвиђања експерименталних резултата

Захтев 5.А односио се на предвиђање масе зарђалог ексера у односу на масу коју је ексер имао пре него што се слој рђе формирао на површини метала. То је пример хемијске реакције у отвореном систему, који може проузроковати когнитивни конфликт код ученика у вези са Законом одржања масе. За ученике основне школе, то је био најтежи захтев од свих захтева повезаних са предвиђањем експерименталних резултата (Слика 4.1). Нетачни одговори у свим групама ученика били су углавном повезани са очекивањем да ће маса зарђалог ексера остати иста као што је била маса ексера пре корозије. Овај резултат је у сагласности са релевантном литературом која указује на постојање те заблуде код ученика (Driver *et al.*, 1985, p. 145-169; Mulford and Robinson, 2002). Нетачни одговори указују на тенденцију ученика да стриктно прате формулацију Закона одржања масе без разматрања услова у којима се хемијска реакција одвија. Ученицима основне школе било је тешко да предвиде масу у отвореном реакционом систему, посебно када је гас реактант.

Захтев 6.А је такође подразумевао хемијску реакцију у отвореном систему. Од ученика је очекивано да предвиде масу свеће која је горела одређено време. Најфреквентнији нетачни одговори била су предвиђања да ће маса свеће остати непромењена.

Захтев 6.В односио се на предвиђање масе тегле, затворене поклопцем, унутар које гори свећа (затворен систем). Добијени резултати су указали да је ученицима лакше да предвиде промену масе у затвореном систему него у отвореном.

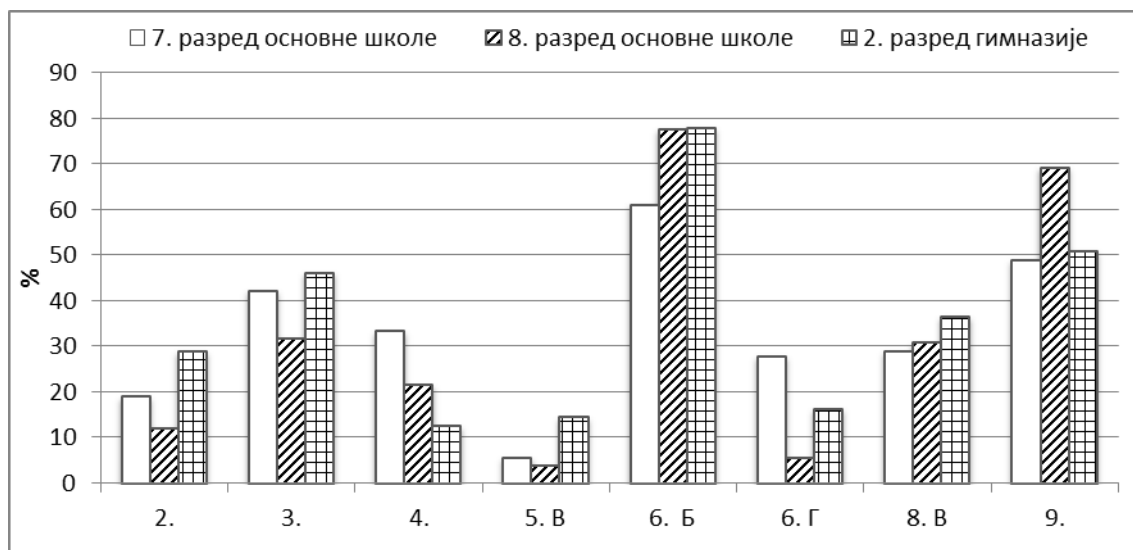
У оквиру захтева 7.А дат је опис експеримента у коме је велика тегла са раствором  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  стављена на вагу. Мања тегла са свећом је спуштена у теглу која садржи раствор, тако да свећа није у директном контакту са раствором. Свећа је потом упаљена и већа тегла затворена поклопцем. Питање је било коју ће масу вага показати након неког времена. Дистрактор *Вага ће показати мању масу зато што се свећа топи* био је најзаступљенији међу нетачним одговорима ученика основне школе, док је дистрактор *Вага ће показати већу вредност зато што се формира талог* најфреквентнији нетачан одговор гимназијалаца за захтев 7.А Оба одговора указују на ученичке заблуде повезане са очекивањем да је маса исте количине супстанце већа у чврстом агрегатном стању него у течном агрегатном стању (Mulford and Robinson, 2002; Ozmen and Ayas, 2003). Међутим, нетачни одговори ученика гимназије указују да су они размишљали о хемијској промени у експерименту за разлику од ученика основне школе који су били фокусирани на физичку промену (промену агрегатног стања).

Захтеви 8.А и 8.Б садрже опис експеримента у коме су две чаше са растворима стављене на вагу и измерена укупна маса обе чаше са растворима. У једној чаши се налазио раствор натријум-хлорида,  $\text{NaCl}$ , а у другој раствор сребро-нитрата,  $\text{AgNO}_3$ . Затим је раствор из једне чаше сипан у другу, а празна чаша је такође враћена на вагу. Од ученика се у захтеву 8.А тражило да наведу шта указује да се хемијска реакција одиграла. На основу слике 7 у тесту (Прилог 13), очекивали смо да ће ученици навести формирање талоба као показатељ одигравања хемијске реакције. У захтеву 8.Б од ученика се очекивало да предвиде коју ће масу вага показати након што се раствори помешају. Нетачни одговори

углавном су били повезани са очекивањем да ће вага измерити већу масу зато што се формирао талог, што је у сагласности са претходно наведеном заблудом.

#### 4.2.3.2. Формулисање објашњења

На слици 4.2 приказан је проценат тачних одговора у свим групама ученика на захтевима у којим се од ученика тражило да формулишу објашњења.



Слика 4.2 Процент тачних објашњења у групама ученика

Анализа ученичких објашњења базираних на опису експеримената открила је четири нивоа одговора који су рангирани од заблуда до вишефакторског утицаја (*engl. from misconceptions to multiple factor influences*; Brown *et al.*, 2010). Ученички одговори окарактерисани као заблуде подељени су у две категорије: (1) продуктивне заблуде које указују на природу проблема у резонувању и могу служити као полазиште у будућим интервенцијама у наставној пракси и (2) непродуктивне заблуде без јасне информације за даље интервенције у наставном процесу. Као примери ученичких објашњења експеримената на различитим нивоима, изабрани су ученички одговори на захтеве 5.В и 6.Г и приказани у оквиру Табеле 4.60 и Табеле 4.61. Одговори на ова два захтева указују на тешкоће ученика у објашњавању промене масе у отвореном реакционом систему у коме је реактант или продукт у гасовитом агрегатном стању.

Постигнуће на другом задатку је у свим групама ученика било ниско (Слика 4.2). Овај задатак се односио на објашњење Лавоазјеових мерења масе у

подруму опсерваторије где је температура ваздуха била константна. Делимично тачни одговори у свим групама углавном су укључивали ограничења мерног инструмента, али без разматрања услова под којим је мерење изведено (на пример, температура ваздуха, влажност ваздуха).

Објашњење у трећем задатку захтевало је разумевање проблема у вези с проверавањем ваажења Закона одржања масе у затвореном систему. Делимично тачни одговори су добијени у свим групама ученика. Проблем повезан с мерењем масе гасова ослобођених током хемијске реакције није препознат од стране ученика.

На основу текста из историје хемије, уграђеног у тест, од ученика се очекивало да пруже објашњење зашто је Ландолт херметички затварао цев у облику ћириличног слова Н (задатак 4). Ученичка објашњења указују да они прихватају информације о експерименталној процедури без дубљих разматрања разлога зашто је Ландолт радио на тај начин. На основу анализе делимично тачних одговора, највише ученика седмог разреда је одговорило да је Ландолт затварао суд како би спречио контакт супстанци из суда са ваздухом. Ученици осмог разреда су имали сличну идеју, али су одговорили и да је Ландолт затварао суд да би омогућио супстанцама из суда да реагују, као и да је суд затваран како би се спречило просипање супстанци из суда приликом његовог окретања. Ови одговори указују на тенденцију ученика да пруже одговоре на основу сопственог искуства уместо да анализирају за њих нову ситуацију (у овом случају, опис Ландолтовог експеримента).

Већина ученика у свим групама дала је тачан одговор на 9. задатак који је био експлицитно наведен у тексту о Ломоносову.

У захтевима повезаним са експериментима, ученици свих група били су најмање успешни у објашњавању масе зарђалог ексера у односу на масу ексера пре рђања (захтев 5.В). Ученички одговори (Табела 4.60) показују да они нису идентификовали кисеоник као други реактант у овој реакцији, већ су уместо кисеоника наводили воду или ваздух. Међу продуктивним заблудама, веома су заступљене оне које говоре да у процесу рђања ексер мења свој облик али не и масу. Неки ученици су само цитирали Закон одржања масе у својим одговорима. Ти одговори су сврстани у ниво репродукције.



**Табела 4.60** Примери ученичких објашњења за захтев 5.В

Ниво одговора	Разред	Примери одговора
<b>(Опис)</b>		
<b>Вишефакторски утицај</b>	7.	„Маса зарђалог ексера је већа од масе ексера пре корозије. Никола је могао да докаже да је закон тачан да је измерио масу другог реактанта-кисеоника.“
	8.	„Лавоазјеов закон важи. Маса гвожђа и кисеоника (реактанти) једнака је маси комплетно зарђалог ексера (производ реакције).“
	2.	„Маса комплетно зарђалог ексера је већа од првобитне масе ексера, али је једнака маси чистог ексера и кисеоника који је са њим реаговао, што потврђује закон.“
Указује на реакцију ексера са кисеоником и на валидност Закона одржања масе	7.	„Закон важи јер је Лавоазје, за разлику од Николе, мерења вршио у затвореним посудама и тако мерио масу свих гасова који се налазе унутра.“
	8.	„Закон важи зато што Никола није мерио масу херметички затвореног суда са ексером.“
	2.	„Никола није извео експеримент у затвореном суду. Због тога гасовите супстанце, које имају масу, нису измерене.“
<b>Једнофакторски утицај</b>	7.	„Закон важи јер је Лавоазје, за разлику од Николе, мерења вршио у затвореним посудама и тако мерио масу свих гасова који се налазе унутра.“
	8.	„Закон важи зато што Никола није мерио масу херметички затвореног суда са ексером.“
	2.	„Никола није извео експеримент у затвореном суду. Због тога гасовите супстанце, које имају масу, нису измерене.“
<b>Репродукција</b>	7.	
	8.	„Укупна маса реактаната једнака је укупној маси производа реакције.“
	2.	
<b>Продуктивне заблуде</b>	7.	„Ексер је након хемијске реакције променио облик али не и масу.“ „Ексер је реаговао са водом, зато се његова маса променила.“ „Ексер је реаговао са водом и формирала се рђа. Маса ексера је остала непромењена.“
	8.	„Закон важи. Ако бисмо измерили масу ексера, масу рђе и масу зарђалог ексера, учили бисмо да је збир масе ексера и масе рђе једнак маси зарђалог ексера.“ „Ексер се растворио у рђи након кише и због тога закон важи.“ „Маса рђе је додата маси ексера.“ „Метал је реаговао са кишом и на површини метала се створио слој рђе, али се маса метала није променила.“ „Површина ексера је променила физичко својство али не и масу.“ „У овом случају можемо да применимо Закон одржања масе. Ексер реагује и мења облик, али његова маса остаје иста.“

		„Збир масе ексера и масе рђе једнак је маси првобитног ексера.“
		„У процесу корозије ослобађа се кисеоник.“
		„Према Закону одржања масе, маса ексера пре и после реакције ексера са водом остаје непромењена.“
		„Збир масе ексера и масе воде, која је реаговала са њим, једнак је маси зарђалог ексера.“
		„Ексер је најпре био сјајан и гладак. Након кише, на површини метала се формирао слој рђе. Због тога зарђали ексер има већу масу у односу на масу ексера пре корозије. Када бисмо са зарђалог ексера уклонили рђу, ексер би имао исту масу као и сјајан ексер.“
	2.	„Иако је ексер после кише изгубио сјај и на његовој површини се појавила рђа, маса ексера је остала непромењена. Променио се само облик ексера.“
		„Метални ексер је реаговао са водом и оксидима чија маса није измерена.“
		„Ексер је променио физичка својства, али је његова маса остала непромењена.“
		„Маса ексера се вероватно смањује у процесу корозије.“
<b>Непродуктивне заблуде</b>	7.	„Нова супстанца је додата на површину метала. Мислим да је реч о некој врсти креча.“
	8.	„Ексер је изгубио сјај, који нема масу, а добио је рђу, која такође нема масу, тако да је маса ексера остала иста.“
	2.	„Ексер се на ваздуху пасивизира.“

Око 15 % ученика у свакој групи одговорило је да свећа престаје да гори зато што нема довољно ваздуха у тегли (захтев 6.Б). Овај одговор указује да ови ученици не праве разлику између ваздуха као смеше гасова и кисеоника као елемента који је неопходан за сагоревање.

У оквиру захтева 6.Г од ученика је захтевано да упореде и разликују укупну масу реакционих система у два експеримента, при чему се један експеримент односио на горење свеће у отвореном систему, а други на горење свеће у затвореном систему. Добијени ученички одговори су анализирани и ранжирани на четири нивоа (Табела 4.61). Одговори на нивоу који се бави једнофакторским утицајем, садрже објашњење само једног експеримента, оног који је извела Ана или Марија. Ниво репродукције обухватио је одговоре у којима је цитиран Закон одржања масе. Продуктивне заблуде у свим групама ученика

указују да они не опажају горење као хемијску реакцију. Ученици су објашњавали да се восак топио док је свећа горела, али је маса свећа остајала иста или се смањивала. Такви одговори су повезани са претходно поменутих заблудама о већој маси супстанце у чврстом агрегатном стању него у течном. Изостанак упоређивања и разликовања резултата два експеримента указује на тенденцију ученика да буду фокусирани на једну ситуацију уместо да разматрају релације отворен-затворен реакциони систем.

**Табела 4.61** Примери ученичких објашњења за захтев 6.Г

Ниво одговора	Разред	Примери одговора
<b>(Опис)</b>		
<b>Вишефакторски утицај</b>	7.	„Ана није поклопила теглом свећу која гори и због тога су се гасовите супстанце ослободиле, а вага показала мању масу након горења. Марија је поклопила свећу теглом па су гасовите супстанце остале у посуди и могле су бити измерене.“
	8.	„Ако гасове при извођењу хемијске реакције задржимо у суду, укупна маса ће остати иста. Ако меримо масу свеће без мерења масе ослобођених гасова, онда ће маса свеће након горења бити мања.“
	2.	„Маријина свећа је била поклопљена теглом, што је спречавало излазак гаса, па је укупна маса остала иста. Анина свећа није била поклопљена и гас је изашао, тако да је измерена маса свеће након горења била мања.“
<b>Једнофакторски утицај</b>	7.	„Укупна маса у Маријином експерименту се није променила јер су сви гасови били задржани у тегли.“
	8.	„Укупна маса у Маријином експерименту је остала непромењена јер је свећа горела у затвореном систему.“
	2.	„Свећа је горела у затвореној тегли и сав гас, који је при томе настао, остао је задржан у тегли. Због тога је укупна маса остала непромењена.“
<b>Репродукција</b>	7.	
	8.	„Укупна маса реактанта једнака је укупној маси производа реакције.“
	2.	
<b>Продуктивне заблуде</b>	7.	„Восак се топи приликом сагоревања свеће. Иако је восак променио свој облик, маса му је остала непромењена.“
	8.	„Истопљени восак се слио на картон у оба експеримента, тако да се маса свећа није смањила. Резултати мерења масе у оба

		експеримента су идентични.“
		„Маса свеће се смањује током сагоревања јер се свећа топи.“
		„Маса свеће се повећала у Анином експерименту, јер је свећа реаговала са кисеоником из ваздуха који није мерен помоћу ваге. У Маријиним експерименту, свећа је реаговала са кисеоником унутар тегле, чију је масу вага мерила.“
	2.	„Анина свећа је само променила агрегатно стање, док је маса свеће остала непромењена. Маса дима је додата маси Маријине свеће.“
		„Маса свеће је мања у Анином експерименту, јер није урачуната маса кисеоника који реагује са свећом.“
		„Восак се топио и накупљао на картону. Колико год се свећа топила, маса свеће остаје иста. Свећа само мења свој облик.“
<b>Непродуктивне заблуде</b>	7.	„Ана и Марија су додавале нове реактанте у реакцију и због тога морамо узети у обзир и масу додатих реактаната.“
	8.	„Маса пламена свеће је мала и занемарљива.“
	2.	„У експерименту се не стварају оксиди.“

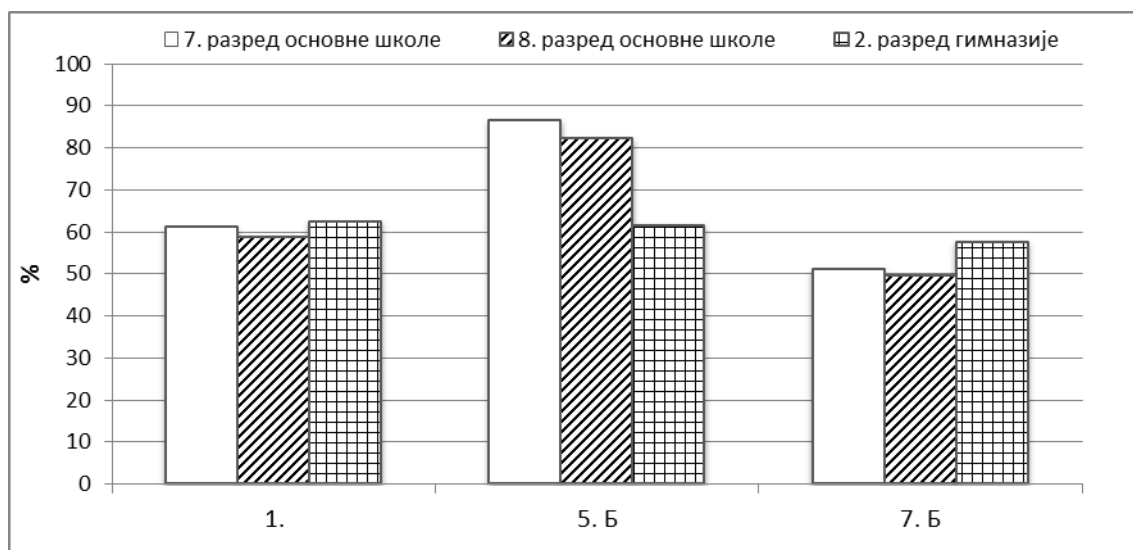
Одговор на захтев 8.В подразумевао је објашњење какву ће масу вага показати након мешања раствора натријум-хлорида и сребро-нитрата у односу на масу пре мешања ових раствора. Нетачни одговори су у највећој мери били повезани са очекивањем да ће вага показати већу вредност због формирања талоба. Као што је већ поменуто, претпоставка ученика да укупна маса расте у таложним реакцијама је позната заблуда повезана са очекивањем да супстанце у чврстом агрегатном стању имају већу масу од супстанци које су у течном агрегатном стању (Ozmen and Ayas, 2003).

#### **4.2.3.3. Формулисање закључака**

На Слици 4.3 приказан је проценат тачних одговора у свим групама ученика на захтевима у којима се од њих очекивало формулисање закључака.

Поређење процената тачних закључака за захтев 5.Б (Слика 4.3) и објашњења за захтев 5.В (Слика 4.2) указује на тенденцију ученика у свим групама да пруже пожељан одговор у оквиру претходно стеченог знања о Закону одржања масе без разматрања сопствених наведених предвиђања

експерименталних резултата (Слика 4.1, захтев 5А). Ова тенденција је најмање изражена међу гимназијалцима.



Слика 4.3 Процент тачних закључака

Већина ученика из сваке групе коректно је навела формулацију Закона одржања масе из текста о Лавоазјеовом раду (први задатак). Према ученичким одговорима, неки од њих још увек мисле да супстанца (реактант) остаје хемијски непромењена након хемијске реакције. Ту тврдњу, поједини ученици изразили су на следећи начин: „Маса супстанце се не мења у хемијској реакцији.“ Из одговора ученика основне школе запажено је да неки од њих не разликују масу и запремину: „Упркос томе што супстанца мења облик у хемијској реакцији, запремина супстанце остаје иста“. Такође, неки ученици нису разумели да је закон одржања масе валидан за све хемијске реакције. Они су мислили да закон важи само у реакцијама које се одвијају у затвореном систему.

Нижи резултати у вези са закључцима постигнути су у свим групама ученика на захтеву 7.Б, који обухвата опис најкомплексније експерименталне поставке у којој се одвијају две хемијске реакције (горење свеће и реакција угљен-диоксида са раствором калцијум-хидроксида). У ученичким одговорима о важењу Закона одржања масе за описани експеримент, уочени су идентични проблеми у размишљању о Закону одржања масе, који су елаборирани у претходној дискусији.

#### 4.2.3.4. Повезивање

Задатак под редним бројем 10 испитивао је способност ученика да повежу знање о Закону одржања масе са хемијским променама из реалног живота. Шумски пожари су наведени као пример. Проблем примене знања о Закону одржања масе у реалним ситуацијама евидентиран је у свим групама ученика. Нешто изнад 30 % ученика из гимназије било је способно да илуструје разумевање Закона одржања масе на примеру који се у реалном животу често дешава, док је проценат ученика из основне школе који су били успешни у решавању десетог задатка био знатно мањи (12-13 %).

#### 4.2.3.5. Подвлачење информација у тексту

Од ученика је, приликом решавања теста, зхтевано да подвучу делове текста о раду тројице научника, Лавоазјеа, Ландолта и Ломоносова, које су употребили за формулисање одговора на питања из теста. Намера нам је била да добијемо увид у разумевање прочитаног и процес селекције релевантних информација и главних идеја из текста. Процент ученика у свакој групи који су подвукли релевантне, делимично релевантне и нерелевантне делове текста за формулисање одговора, као и проценат ученика који нису подвукли ниједну информацију у тексту или су подвукли цео текст, приказан је у Табели 4.62.

Табела 4.62 Постигнућа сваке групе ученика у подвлачењу информација у тексту

Наслов	Варијабле	Процент подвучених информација		
		7. разред основне школе	8. разред основне школе	2. разред гимназије
Лавоазје	Релевантно	50,0	36,4	44,2
	Делимично релевантно	8,9	6,5	12,5
	Нерелевантно	6,7	7,5	1,0
	Није подвучено	34,4	49,5	40,4
	Подвучен цео текст	0,0	0,0	1,9
Ландолт	Релевантно	53,3	31,8	45,2
	Делимично релевантно	10,0	7,5	2,8
	Нерелевантно	4,4	1,9	1,0
	Није подвучено	31,1	58,9	50,0
	Подвучен цео текст	1,1	0,0	1,0
Ломоносов	Релевантно	25,6	28,0	26,0
	Делимично релевантно	18,9	12,1	13,5
	Нерелевантно	1,1	0,9	0,0
	Није подвучено	52,2	58,9	60,5
	Подвучен цео текст	2,2	0,0	0,0

Процент ученика који су подвукли нерелевантне делове текстова био је низак у свим групама ученика. Слично томе, свега неколико ученика је подвукло цео текст. Већина ученика подвукла је релевантне и делимично релевантне информације или је подвлачење делова текста изостало. Делимично релевантним информацијама су сматране оне које нису биле довољне за формулисање комплетног одговора и оне које експлицитно не указују на тачан одговор. Висок проценат ученика који нису подвукли ниједан део текста могао би бити објашњен запажањем, насталим приликом извођења истраживања, да ученици нису схватили захтев који се односио на подвлачење текстова једнако озбиљно као остале захтеве у тесту, на чије су решавање били фокусирани. Најмањи број релевантних информација подвучен је у тексту о Ломоносову, што може бити објашњено чињеницом да је то био последњи текст из историје хемије када је концентрација и мотивација ученика опала.

Вредности  $t$  теста у вези са фреквенцијама подвучених релевантних информација у свим групама ученика приказане су у Табели 4.63. Статистички значајна разлика пронађена је једино између ученика седмог и осмог разреда основне школе за текстове о Лавоазјеовом и Ландолтовом раду. Овај резултат је конзистентан са вишим процентом тачних одговора ученика седмог разреда у односу на ученике осмог разреда (Табела 4.57).

**Табела 4.63** Процент подвучених релевантних информација и одговарајуће вредности  $t$  теста

Текст	Процент подвучених релевантних информација			$t$		
	7. разред	8. разред	2. разред	$p_7 - p_8$	$p_7 - p_2$	$p_8 - p_2$
Лавоазје	50,0	36,4	44,2	1,98*	0,84	-1,19
Ландолт	53,3	31,8	45,2	2,98**	1,11	-1,94
Ломоносов	25,6	28,0	26,0	-0,31	0,0	0,33

\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,05.

\*\* Разлика у процентима тачних одговора је статистички значајна на нивоу 0,01.

Изведена је анализа контингенције како би се проценила повезаност између подвучених делова текста и тачних одговора на захтевима теста, груписаним према индикаторима разумевања (Табела 3.20). Између многих варијабли израчунат је статистички значајан коефицијент контингенције ( $p < 0,05$ ), са вредностима у опсегу од 0,30 до 0,61 па је стога потврђена умерена повезаност.

Највиши коефицијент контингенције пронађен је у групи ученика гимназије. Такође, уочена је виша вредност коефицијента контингенције уколико су у тексту експлицитно дате информације релевантне за формулисање одговора, него у случају када су те информације имплицитно саопштене. Према добијеним коефицијентима контингенције, повезаност између подвучених делова текста и формулисаних објашњења и закључака је већа него повезаност у случају предвиђања резултата експеримената.



## 5. Закључак

У оквиру дисертације изведена су три прелиминарна и три главна истраживања. Прелиминарним истраживањима испитани су ставови наставника и ученика о науци, научноистраживачком раду, као и ставови наставника хемије о примени историјског контекста у наставном процесу. Кроз главна истраживања испитивани су ефекти примене историјског контекста приликом обраде уводне лекције из органске хемије, систематизације садржаја о својствима и примени гасова и проверавања ученичких постигнућа у вези са Законом одржања масе. У наставку, најпре ће бити изнети закључци сваког појединачног истраживања, затим закључци изведени на основу резултата свих спроведених истраживања и на крају проистекле импликације за наставну праксу. Такође, ограничења спроведених истраживања део су овог одељка.

### 5.1. Закључци прелиминарних истраживања

На основу резултата прелиминарних истраживања било је могуће донети одлуке у вези с креирањем главних истраживања, као и извести јасније импликације за наставну праксу о примени историјског контекста за учење хемијских појмова и проверавање постигнућа ученика.

#### ***5.1.1. Закључци прелиминарних истраживања реализованих са наставницима хемије***

Анализа структуре оба узорка наставника указала је да четвртина испитаника током основних студија није похађала ниједан од курсева који се сматрају базичним за будуће наставнике (психологија, педагогија, методика наставе хемије, историја/филозофија науке). Остаје отворено питање да ли су ти наставници током дошколовавања (преквалификација) или програма стручног усавршавања развили неке од компетенција које се примарно стичу у оквиру наведених курсева и овим питањем би се требало бавити у будућим истраживањима.

### **5.1.1.1 Закључци о ставовима наставника хемије о појединим аспектима природе науке и ставовима о примени историјског контекста у настави хемије**

На основу добијених резултата истраживања, у коме је учествовало 272 наставника хемије који раде у основној школи, изведени су одговори на постављена истраживачка питања:

- (1) Каква су виђења наставника хемије о појединим аспектима природе науке (креативност у науци, подложност научног знања промени)?
- (2) Које садржаје из историје хемије наставници хемије најчешће разматрају у настави и како оцењују допринос тих садржаја разумевању хемије?
- (3) На који начин наставници хемије представљају науку ученицима и како подстичу активности у учионици које доприносе разумевању природе науке?

Већина наставника препознаје две карактеристике природе науке, променљивост научног знања и уграђеност маште и креативности у науку. Имајући у виду да се природне науке, за разлику од друштвених наука или уметности, углавном не опажају као области које доприносе развоју креативног мишљења ученика, важно је да наставници хемије имају развијену свест о томе да је креативно мишљење неопходно у различитим фазама научноистраживачког рада. То би требало да их подстакне да у учионици организују истраживачке активности које би подржале развој креативног мишљења ученика. Иако је висок проценат наставника изразио слагање са исказима у којима су описане две наведене карактеристике природе науке, у будућим истраживањима би требало, кроз употребу других типова питања и инструмената, подробније испитати разумевање наставника о овим карактеристикама природе науке.

Најчешће разматрани садржаји из историје хемије на часовима испитаника су они кроз које је указано како се дошло до одређеног открића. Предност таквих садржаја огледа се у томе што кроз њих ученици могу да сагледају развој одређене идеје, карактеристике научног метода, проблеме с којима су се научници током рада суочавали и начине на које су те проблеме превазишли. На тај начин

ученици развијају научно мишљење, што испитаници сматрају важним циљем наставе хемије. Генерално гледано, наставници идентификују различите садржаје хемије који се могу обрадити у историјском контексту, при чему су најзаступљенији они који се односе на структуру атома и Периодни систем елемената. Мали број испитаника који је као погодне за обраду у историјском контексту навео садржаје у вези са Законом одржања масе, неметалима и уводом у органску хемију (мање од 20 испитаника), додатно је подстакао да на том садржају хемије буду базирана главна истраживања.

На основу поређења процента у коме наставници на часовима хемије помињу одређене научнике и процента у коме поједине садржаје из хемије сматрају погодним за учење у историјском контексту, може се закључити да наставници помињу имена научника заслужних за велика открића у хемији, али се не баве обрадом програмских садржаја у вези с тим открићима у историјском контексту или обрнуто, неке програмске садржаје сматрају погодним за обраду у историјском контексту али изостављају да помену научнике заслужне за откриће тих садржаја.

Наставници хемије препознају потенцијал садржаја из историје хемије за развијање позитивних ставова ученика о хемији. Наставници који су током иницијалног образовања похађали курс из историје хемије сигурнији су у тој процени, као и процени 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. Исказана несигурност и број наставника који је пружио неутралне одговоре (да је реч о умереном доприносу и једнаким ефектима), отворили су питање да ли је реч само о недостатку искуства у примени историјског контекста и увида у ефекте његове примене, или ће резултати главних истраживања потврдити такве ставове.

Наставници дефинишу науку на различите начине, од чега ниједна дефиниција није заступљена у високом проценту (до 9 %). Поистовећују је са природним наукама или само са хемијом, опажају као процес истраживања, као свеприсутну што доприноси квалитетнијем животу у савременом друштву.

Насупрот томе, у одговорима неких испитаника наука је дефинисана као скуп знања, што искључује њену динамичну природу. Начин на који наставници перципирају науку, може се одразити на начин на који они реализују наставу, али и на формирање слике о науци код ученика, што потврђују одговори ученика на питање шта је наука. Наставници хемије имају узор међу научницима хемичарима, а Менделејев је научник коме се диви највише испитаника.

Наставници, слично ученицима, доживљавају научнике као генијалне умове и појединце који су дали велики допринос, како развоју одређених области тако и друштву у целини, али и као визионаре, упорне, борбене, храбре и предане истраживањима.

Иако наставници процењују да је развијање научног мишљења ученика важан циљ наставе хемије, они не подстичу довољно активности ученика које су сличне активностима научника, а које би могле да допринесу остваривању тог циља.

#### ***5.1.1.2 Закључци о ставовима наставника хемије о примени историјског контекста у настави неорганске хемије***

Највећи број наставника хемије, од укупно четрдесет, у настави се ослања на историјске садржаје о начинима долажења до открића, а такође процењују да су садржаји из историје хемије умерено корисни и занимљиви ученицима. Они процењују да таквих садржаја нема довољно у уџбеницима, али већина не обезбеђује додатни материјал са садржајима из историје хемије, нити задатке у виду писања есеја о научницима и научним открићима, како би тај недостатак превазишли.

Анализом прикупљених података о примени садржаја из историје хемије у настави неорганске хемије, добијени су одговори на постављена истраживачка питања:

- (1) Да ли наставници хемије познају историјске садржаје у вези са открићима у области неорганске хемије?
- (2) Које садржаје из историје хемије наставници хемије најчешће користе у настави неорганске хемије и како оцењују допринос тих садржаја разумевању хемије?

Наставници препознају историјске садржаје у вези са открићима у области неорганске хемије, али би чињенично знање наставника о тим садржајима требало испитати у будућим истраживањима, коришћењем различитих инструмената.

У настави неорганске хемије најзаступљенији су садржаји из историје хемије који указују како се до открића неког елемента дошло, као и на порекло назива тог елемента. Садржаји из историје хемије највише се користе приликом обраде лекције о кисеонику у оквиру теме *Неметали* и обраде лекције о гвожђу у оквиру теме *Метали*.

### **5.1.2. Закључци прелиминарног истраживања реализованог са ученицима**

Треће прелиминарно истраживање је реализовано са 275 ученика осмог разреда основне школе. Резултати истраживања пружили су одговор на постављена истраживачка питања:

- (1) Каква су ученичка виђења о науци и научноистраживачком раду?
- (2) Какви су ставови ученика о доприносу научног рада развоју појединца и друштва?
- (3) Какве су преференције ученика према науци?

На основу одговора на питање шта је наука, може се закључити да већи проценат ученика науку доживљава као динамичну (одговори који указују на проучавање, истраживање, експериментисање, откривање) него као статичну (одговори у којима је наука дефинисана као скуп сазнања или дисциплина). Поред тога, наука је дефинисана и као делатност научника, а ученици препознају да је наука присутна у свим сферама живота и да доприноси његовом квалитету. Експеримент је, према виђењу ученика, део научноистраживачког рада, подразумева рад у вештачким, строго контролисаним условима (лабораторији) и најчешће је везан за рад са супстанцама. Извођење експеримената једна је од главних активности научника, а међу набројаним активностима налазе се и оне које су карактеристичне за научноистраживачки рад као што су: посматрање, анализирање, постављање и проверавање хипотеза, доказивање и закључивање. Ученици су идентификовали одређене сличности и разлике у активностима које

спроводе научници у природним и друштвеним наукама. Према њима, без обзира да ли истражује природну или друштвену науку, научник је вредан, истрајан и посвећен раду, поседују жељу за сазнањем, истражује и долази до открића.

Испитаници науку сматрају значајном, како за себе лично, тако и за друштво у целини. Према њиховим одговорима, наука је значајна зато што омогућава стицање нових знања, развој појединца и друштва и зато што пружа одговоре на многа питања. Значај науке за појединца и друштво илустрован је и у образложењима ученика, због чега је неко научно откриће оставило снажан утисак на њих, где је јасно указано на допринос одређених научних открића квалитетнијем и дужем животу.

Највише испитаника се диве открићу електричне струје, а сходно томе Никола Тесла је научник који изазива дивљење највећег броја ученика. Периодни систем елемената је откриће из области хемије које је задивило ученике, док се на листи омиљених научника Менделејев налази на другом месту. Запажено је да ученици немају савремене узоре у науци. Међу одговорима ученика могу се издвојити открића која се односе на савремене технологије, али и открића која су представљала револуцију у развоју друштва. Ставови ученика о сопственом бављењу науком у будућности су подељени. Недостатак интересовања за науку или лоша постигнућа у предметима који се баве природним наукама, најчешћи су разлози због којих ученици не виде себе као научнике у будућности. Доказана је и статистички значајна повезаност између оцене из хемије и жеље ученика да се у будућности баве науком, као и између пола испитаника и афинитета за професијом научника, али је у оба случаја реч о slabим корелацијама.

## **5.2. Закључци главних истраживања**

### ***5.2.1. Закључци о ефектима учења лекције Увод у органску хемију у контексту историје хемије***

На почетку испитивања ефеката учења лекције Увод у органску хемију у контексту историје хемије, постављене су две истраживачке хипотезе:

(1) Аргументовање и квалитет аргумената у контексту историје развоја органске хемије доприноси статистички значајно бољим постигнућима ученика у вези са саставом, структуром и општим својствима органских једињења у односу на наставу која не обухвата аргументовање.

(2) Аргументовање у контексту историје развоја органске хемије статистички значајно повећава број ученика који сматрају да је научно знање подложно промени у односу на наставу која не обухвата аргументовање.

Како би се ове хипотезе провериле изведен је педагошки експеримент с паралелним групама са ученицима осмог разреда основне школе. Пре интервенције, ученици обе групе су радили иницијални тест, а постигнути резултати су показали да су групе А и Б уједначене према предзнању. Ученици групе А су, за разлику од ученика групе Б, били изложени аргументовању у контексту историје развоја органске хемије. Од њих се очекивало да конструишу ново знање о саставу, структури и својствима органских једињења читањем текста и да примене то знање кроз конструисање аргумената у вези са радом научника који су допринели развоју органске хемије.

Пронађен је умерен ефекат аргументовања у контексту историје развоја органске хемије на постигнућа ученика групе А на финалном тесту. Група А је на финалном тесту постигла боље резултате од групе Б, али разлика између аритметичких средина постигнутих резултата у групама није статистички значајна. На основу тога може се закључити да, иако постоји повезаност између квалитета аргумената (исказаног бројем поена) и постигнућа ученика групе А на финалном тесту, утицај аргументовања у контексту историје развоја органске хемије у овом истраживању није довео до статистички значајно већих укупних постигнућа ученика који су имали активност аргументовања у односу на оне који то нису имали. 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 слушањем аудио снимака и аргументовањем у контексту историје развоја органске хемије. На основу тога

можемо закључити да примењени приступ има извесни потенцијал да унапреди ученичка постигнућа у вези са саставом, структуром и својствима органских једињења. Разлози због којих тај потенцијал није довео до статистички значајно бољих укупних постигнућа ученика који су имали активности аргументовања у историјском контексту могу се тражити у недовољном искуству ученика у формулисању аргумената, што је сложен когнитивни процес који поред знања садржаја захтева и развијено критичко мишљење и вештине формулисања аргумената које се стичу вежбањем. То се не може постићи током једног или неколико часова једног предмета, већ се мора развијати кроз све наставне предмете.

Статистички значајна разлика између виђења ученика групе А и групе Б о променљивости научног знања, што је главни аспект 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 закључити да примењени приступ доприноси повећању броја ученика који сматрају да је научно знање подложно промени.

### ***5.2.2. Закључци о ефектима систематизације лекција о гасовима у контексту историје хемије***

Изведено је истраживање у којем су упоређени ефекти два контекстуална приступа, историјског и савременог, на ниво разумевања ученика осмог разреда основне школе о својствима и примени гасова. Истраживачка хипотеза постављена у овом истраживању била је да ће историјски контекст о открићу гасова и изучавању њихових својстава више продубити ученичко разумевање својстава и практичне примене гасова него савремени контекст.

Добијени резултати су показали да су ефекти оба приступа слични. Другим речима, није нађена статистички значајна разлика између укупних постигнућа ученика који су радили према једном, односно другом приступу. На основу добијених резултата истраживачка хипотеза о бољим ефектима историјског приступа у односу на ефекте савременог приступа не може бити прихваћена. Међутим, статистички значајно веће постигнуће на једном захтеву финалног теста у групи А, која је радила према историјском приступу, указује да



би било добро испитати какви се ефекти постижу комбиновањем историјског и савременог контекста у којима се разматрају хемијски појмови.

На основу постигнућа ученика на питањима која обухватају концептуалне идеје на иницијалном тесту и контекстуалне идеје на финалном тесту, може се закључити да ученици имају проблема у успостављању веза између концептуалних и контекстуалних идеја. Ове тешкоће су посебно изражене уколико је претходно искуство ученика у учењу хемије вођено концептуалним идејама, што је случај са ученицима који су учествовали у овом истраживању, и генерално ученицима у нашој земљи. У литератури, описан проблем трансфера знања из једне области у другу потврђен је на примерима појма густине и процеса фотосинтезе у овом истраживању.

### ***5.2.3. Закључци о ефектима проверавања ученичких постигнућа у вези са Законом одржања масе у контексту историје хемије***

Истраживачко питање, постављено у овом истраживању, гласило је:

Да ли епизоде из историје хемије о открићу Закона одржања масе могу да помогну ученицима основне школе и гимназије да разумеју овај закон у контексту савремених школских експеримената и реалног живота?

Истраживање је спроведено са ученицима седмог и осмог разреда основне школе и ученицима другог разреда гимназије. Постигнућа у свим групама ученика 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.

Резултати овог истраживања показују да текстови о раду научника могу пружити корисне информације за неке ученике, док за друге не, на пример за оне који имају развијене заблуде у вези са структуром супстанце и хемијским променама. Другим речима, неке заблуде се задржавају у свим групама ученика упркос њиховим увидима у рад научника. Поред тога, евидентна је тенденција ученика да прихвате информацију из текста, без даљег разматрања њених

импликација. Сходно томе, неки ученици покушали су да прилагоде свој одговор формулацији Закона одржања масе или да објасне очигледне феномене формулацијом Закона искључујући при томе аналитичко и критичко мишљење. Повезаност тачно формулисаних предвиђања, објашњења и закључака са информацијама из текста, које су ученици подвукли јер их сматрају релевантним за формулисање одговора, већа је уколико су те информације експлицитно дате, него ако су имплицитно саопштене. Ови резултати се могу 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, док мање од 1 % ученика овладава постигнућима на шестом нивоу која подразумевају критичко разматрање текста, разумевање његових имплицитних и индиректних порука, интеграцију информација и извођење сложених закључака и поређења (Baucal i Pavlović Babić, 2010; Pavlović Babić i Baucal, 2013).

На основу резултата истраживања идентификовани су бројни проблеми ученика у разумевању Закона одржања масе, од којих су неки описани у литератури. 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 последично укупна маса система расте, него о реакцији где је гас продукт и где укупна маса система опада. Заблуде у вези са очекивањем да супстанце у чврстом агрегатном стању имају већу масу од супстанци у течном агрегатном стању потврђене су резултатима овог истраживања. Ученици се не сналазе у ситуацији која укључује исту хемијску реакцију у отвореном и затвореном систему и захтев да се упореде и разликују резултати два експеримента. Корен наведених тешкоћа требало би тражити у ученичком (не)разумевању модела атома и његове употребе у објашњавању макроскопски видљивих промена супстанци током хемијских реакција, као и (не)разумевању закона према којима се те реакције одвијају.

\*\*\*

Дисертација је за циљ имала да 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 испита да ли садржаји из историје хемије могу бити основа за проверавање разумевања хемијских појмова.

Примена историјског контекста за учење уводне лекције из органске хемије и систематизацију знања о својствима и примени гасова није резултовала статистички значајно бољим укупним постигнућима у односу на постигнућа ученика који су радили према другим приступима (традиционална настава и контекст савременог живота). Другим речима, укупан ефекат учења и систематизације хемијских појмова у контексту историје хемије једнак је укупном ефекту који се постижу применом контекста који не укључује историјске садржаје. Међутим, статистички значајно боља постигнућа ученика који су радили према историјском приступу, на појединим задацима финалних тестова, могу се повезати са утицајем примењених садржаја из историје хемије. Осим тога, примена историјског контекста показала се ефикасном стратегијом за илустровање карактеристика природе науке, од којих је кључна да је научно знање подложно промени.

Проверавањем ученичких постигнућа, базираном на садржајима из историје хемије, идентификовани су бројни проблеми ученика у разумевању Закона одржања масе. Текстови о раду научника послужили су неким ученицима као извор информација за формулисање одговора на питања из теста, док другим ученицима те информације нису биле значајне, тако да и у овом случају можемо говорити о умереним ефектима примене историјског контекста за проверавање ученичких постигнућа.

Имплементација историјског контекста у наставну праксу у највећој мери зависи од ставова наставника хемије. Генерално гледано, на основу одговора наставника, добијених у прелиминарним истраживањима, може се закључити да они опажају потенцијалне добробити примене садржаја из историје хемије за наставу/учење хемије, али да у пракси такав приступ не користе много. Резултати главних истраживања, о ефектима примене историје хемије као контекста за учење и проверавање ученичких постигнућа, у сагласности су са проценом

наставника хемије о умереном доприносу историјског контекста, као и једнаким ефектима, које на ученичко разумевање хемијских појмова, имају историјски и контекст савременог живота.

Ставови ученика о науци и научноистраживачком раду још један су од предуслова за успешну имплементацију контекста историје хемије у наставу хемије. Резултати прелиминарног истраживања 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 резултата прелиминарних и главних истраживања може се закључити да историјски контекст има потенцијал да допринесе разумевању одређених хемијских појмова, као и да унапреди праксу проверавања ученичких постигнућа, али он мора бити узидан у целину образовног искуства ученика. Такође, у будућим истраживањима потребно је истражити ефекте примене контекста историје хемије у комбинацији са другим контекстима, имајући у виду опште и специфичне циљеве учења хемије, очекиване исходе, ниво предзнања ученика и њихова интересовања.

### **5.3. Импликације за наставну праксу**

Како би наставници ваљано подучавали ученике о одређеним садржајима, неопходно је да сами добро познају те садржаје, али и методолошке аспекте, историју науке, интеракције између науке, технологије и друштва, скорашња научна открића (Solbes and Traver, 2003). С обзиром на то да курсеви методике наставе хемије, психологије, педагогије, историје хемије и филозофије природних наука, нису били део иницијалног образовања великог броја испитаних наставника, неопходно је размотрити на који начин се могу ојачати компетенције тих наставника у вези с познавањем садржаја наведених курсева. Једно од могућих решења јесте организовање програма професионалног развоја наставника у оквиру којих ће наставници бити упознати са, на пример, одабраним садржајима из историје хемије који се могу имплементирати у наставу хемије приликом

обrade програмских садржаја за основну и средњу школу. Такође, у оквиру тих програма, требало би наставницима понудити примере активности, које су сличне активностима научника, а које они могу да реализују са својим ученицима, како би им пружили могућност да искусе активности карактеристичне за научноистраживачки рад, развијају научно мишљење и позитивне ставове према науци. Примена таквих активности могла би да утиче на коначно опредељење ученика који нису сигурни да ли би желели да се баве професијама оријентисаним ка науци. Наставници хемије би током редовне наставе требало да указују на релевантност хемијских садржаја за различите професије, као и да предоче ученицима научни метод, и шта су добити, а шта ограничења научноистраживачког рада. Како би се у будућности избегли проблеми на које су указали одговори наставника из праксе, важно је да програми за иницијално образовање наставника и њиховог професионалног развоја подржавају развијање компетенција потребних за реализацију наставе хемије у различитим контекстима, укључујући и историјски.

Да би ученици развили способност аргументовања, потребно је да такве активности буду заступљене у процесу наставе/учења, да уз помоћ наставника процењују квалитет аргумената, издвајају примере добрих аргумената, процењују научну заснованост њиховог садржаја, уочавају структуру (сложеност) и сагледавају недостатке због којих су аргументи слабијег квалитета. У наставној пракси аргументовање се може организовати и у другим контекстима, не само историјском, који могу бити ближи ученицима (савремени проблеми, питања/теме које их посебно интересују, које они препознају као релевантне у свакодневном животу или за професије којима желе у будућности да се баве). Програми за иницијално образовање наставника, као и за њихов професионални развој, требало би да укључе дискусију о добитима аргументовања у различитим контекстима који се у наставном процесу могу применити за продуковање аргумената. Наставнике би требало подстицати да продукују наставне материјале и стратегије које промовишу аргументовање и користе их у сопственој пракси. Употреба таквих материјала у редовној настави могла би да допринесе развоју научне писмености код младих, који ће бити способни да доносе одлуке засноване на доказима уз примену научног знања (Pabuccu and Erduran, 2016).

Савремена настава хемије која произилази из концепата научне писмености, природе науке, и великих идеја тражи нова решења о односу концептуалног и контекстуалног учења. У складу са тим, постоји потреба за увођењем већег броја контекстуалних идеја у наставни процес, као и за бољом повезаношћу концептуалних и контекстуалних идеја у поређењу са уобичајеном наставном праксом. У том случају, ученици би имали боље могућности да стекну функционалну научну писменост.

Ученици прилагођавају сопствено учење начину на који се уобичајено проверавају њихова постигнућа што смањује њихове способности за решавање проблема који су постављени у контекстима различитим од оних на које су навикнути. Стога је у пракси проверавања ученичких постигнућа потребно комбиновати различите начине проверавања који обухватају и концептуалне и контекстуалне идеје, а засновани су на различитим контекстима, од којих један може бити и историјски. Код примене историјског контекста треба посебно водити рачуна о томе да ли је изабрани садржај из историје хемије термилошки прилагођен ученицима и да ли одговара њиховом предзнању и узрасту.

Кроз наставу хемије, али и наставу осталих предмета, важно је унапређивати способности ученика да идентификују релевантне информације у текстуалном материјалу, било да су оне експлицитно или имплицитно исказане, и да их примењују у решавању проблема постављених у различитим контекстима.

Како би неки нови приступ за учење и проверавање ученичких постигнућа пружио што позитивније ефекте, пре његове примене требало би проверити да ли ученици поседују заблуде у вези са садржајем обухваћеним приступом. Стога је важно развијање различитих инструмената којима се могу идентификовати ученичке заблуде, али и приступа коју су ефикасни у њиховом отклањању.

## **5.4. Ограничења истраживања**

Ограничења изведених истраживања се односе на:

- (1) велики број наставника и ученика који нису одговорили на питања отвореног типа у упитницима коришћеним у прелиминарним истраживањима

- (2) личне преференције наставника према историјским садржајима и њихово познавање садржаја из историје хемије
- (3) мали број наставника који су прихватили учешће у другом прелиминарном истраживању и последично ограничен број прикупљених података
- (4) мотивисаност ученика за рад са текстом, способност разумевања прочитаног, као и афинитет ученика према историјским садржајима
- (5) повезаност вештина писменог изражавања ученика и квалитета продукованих писаних аргумената
- (6) трајање интервенција у главним истраживањима
- (7) несналажење ученика приликом учења, систематизације и проверавања хемијских садржаја у потпуно новим ситуацијама
- (8) ниске вредности Cronbach's  $\alpha$  коефицијента добијене за поједине коришћене инструменте

На самом крају може се рећи да већина наведених ограничења главних истраживања потиче од дубоко укорене традиционалне наставе хемије која не омогућава ученицима лако прилагођавање на учење и проверавање у новим контекстима и постизање бољих резултата. Иако резултати истраживања указују на потенцијал историјског приступа за учење хемијских појмова и карактеристика природе науке, може се претпоставити да би учење и испитивање ученичких постигнућа у контексту историје хемије показало боље ефекте да су ученици у свом искуству имали више активности аргументовања и рада са текстом, као и прилике да решавају задатке смештене у одређени контекст. Како би историјски приступ заживео у наставној пракси и пружио свој пун допринос развијању хемијске писмености која обухвата знање хемијских појмова, знање о природи хемије, примену хемијског знања у контексту, кључне компетенције за 21. век и ставове, неопходно је оснажити бројне чиниоце који одређују наставни процес. Ту се првенствено мисли на наставу која је оријентисана на процес учења, на курикулум који подржава развој кључних компетенција младих и на наставнике који, осим знања хемије, имају развијено и педагошко знање садржаја, и спремни су да прихвате увођење нових приступа у наставну праксу.

## 6. Литература

1. Abd-El-Khalick, F. and BouJaude, S. (1997). An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673- 699.
2. Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. and Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
3. Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N. G. (2000a). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
4. Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N. G. (2000b). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
5. Abi-El-Mona, I. and Abd-El-Khalick, F. (2006). Argumentative Discourse in a High School Chemistry Classroom. *School Science and Mathematics*, 106(8), 349-361.
6. Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of students' conceptions in science. *Science Education*, 72(2), 175-184.
7. Acar, B. and Tarhan, L. (2007). Effect of cooperative learning strategies on students' understanding of concepts in electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 349-373.
8. Acar, B. and Tarhan, L. (2008). Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. *Research in Science Education*, 38(4), 401-420.
9. Adamov, J., Segedinac, M. i Grandić, R. (2008). Analiza sposobnosti za učenje hemije kod učenika srednjih škola. *Pedagoška stvarnost*, 9-10, 957-972.



10. Adams, W. K. and Wieman, C. E. (2011). Development and validation of instruments to measure learning of expert-like thinking. *International Journal of Science Education*, 33(9), 1289-1312.
11. Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
12. Al-Balushi, S. M., Ambusaidi, A. K., Al-Shuaili, A. H. and Taylor, N. (2012). Omani twelfth grade students' most common misconceptions in chemistry. *Science Education International*, 23(3), 221-240.
13. Aldahdouh, T. Z., Nokelainen, P. and Korhonen, V. (2018). Innovativeness of Staff in Higher Education Do Implicit Theories and Goal Orientations Matter? *International Journal of Higher Education*, 7(2), 43-57.
14. Allchin, D., Anthony, E., Bristol, J., Dean, A., Hall, D. and Lieb, C. (1999). History of Science - With Labs. *Science & Education*, 8(6), 619-632.
15. Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
16. Allchin, D. (2012). Teaching the nature of science through scientific errors. *Science Education*, 96(5), 904-926.
17. Allchin, D. (2014). From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. *Science & Education*, 23(9), 1911-1932.
18. Allchin, D., Anderesen, H. M. and Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98(3), 461-486.
19. American Chemical Society (2012). *ACS Guidelines and Recommendations for the Teaching of High School Chemistry* (pp. 4-7). Retrieved from: <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/policies/recommendations-for-the-teaching-of-high-school-chemistry.pdf> (15/8/2014)

20. Ananiadou, K. and Claro, M. (2009). *21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries*. OECD Education Working Papers, No. 41, OECD Publishing, Paris. doi: dx.doi.org/10.1787/218525261154
21. Anderson, L. (2013). Nastava koja izaziva promene: perspektive i opšti pregled. u L. Anderson (Ur.), *Nastava orijentisana na učenje – za nastavnike usmerene na postignuća* (str. 21). Solun: Centar za demokratiju i pomirenje u Jugoistočnoj Evropi.
22. Antić, S. (2007). Zablude u znanju koje ostaju uprkos školskom učenju. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, 39(1), 48-68.
23. Antić, S. i Pešikan, A. (2015). Naučna pismenost i socio-konstruktivistička perspektiva. *Psihološka istraživanja*, 18(1), 99-119.
24. Antić, S., Pešikan, A. i Ivić, I. (2015). Vaspitna funkcija nastave prirodnih nauka. *Nastava i vaspitanje*, 65(4), 615-629.
25. Archila, P. A. (2015). Using History and Philosophy of Science to Promote Students' Argumentation. A Teaching–Learning Sequence Based on the Discovery of Oxygen. *Science & Education*, 24(9-10), 1201-1226.
26. Asimov, I. (1966). *The search for the elements*. New York: Fawcett World Library
27. Aslan, O. and Tasar, F. (2013). How do science teachers view and teach the nature of science? A classroom investigation. *Education and Science*, 38, 63-78.
28. Avargil, S., Herscovitz, O. and Dori, J. Y. (2012). Teaching Thinking Skills in Context-Based Learning: Teachers' Challenges and Assessment Knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 21(2), 207-225.
29. Aydeniz, M., Pabuccu, A., Cetin, P. S. and Kaya, E. (2012). Argumentation and Students' Conceptual Understanding of Properties and Behaviors of Gases. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6), 1303-1324.

30. Barke, H. D., Haziri, A. and Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in chemistry: addressing perceptions in chemical education*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
31. Bartholomew, H., Osborne, J. and Ratcliffe, M. (2004). Teaching Students “Ideas-About-Science”: Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.
32. Baucal, A. i Pavlović Babić, D. (2010). *Nauči me da mislim, nauči me da učim: PISA 2009 u Srbiji: prvi rezultati*. Beograd: Institut za psihologiju Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.
33. Beardsley, D. C. and O'Dowd, D. D. (1961). The college-student image of the scientist. *Science*, 133, 997-1001.
34. Bell, R. L. and Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377.
35. Bennett, J., Lubben, F. and Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.
36. Benson, D. L., Wittrock, M. C. and Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587-597.
37. Ben-Zvi, R., Eylon, B. and Silberstein, J. (1988). Theories, principles and laws. *Education in Chemistry*, 25(3), 89-92.
38. Bergendahl, V. C. B. and Tibell, L. A. E. (2005). Boosting complex learning by strategic assessment and course design. *Journal of Chemical Education*, 82(4), 645-651.
39. Berland, L. K. and Reiser, B. J. (2011). Classroom Communities' Adaptations of the Practice of Scientific Argumentation. *Science Education*, 95(2), 191-216.

40. Berland, L. K. and Reiser, B. J. (2009). Making Sense of Argumentation and Explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
41. Bernholt, S. and Parchmann, I. (2011). Assessing the complexity of students' knowledge in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 167-173.
42. Brković, A., Petrović-Bjekić, D. i Zlatić, L. (1998). Motivacija učenika za nastavne predmete. *Psihologija*, 1-2, 115-136.
43. Brock, W. H. (2011). *The Case of the Poisonous Socks. Tales from Chemistry*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
44. Broman, K. and Parchmann, I. (2014). Students' application of chemical concepts when solving chemistry problems in different contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 516–529.
45. Brooks, J. G. and Brooks, M. G. (1993). *In search of understanding: The case for classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
46. Brown, N. J. S., Nagashima, S. O., Fu, A., Timms, M. and Wilson, M. (2010). A framework for analyzing scientific reasoning in assessments. *Educational Assessment*, 15 (3/4), 142-174.
47. Bussiere, P., Hebert, R. and Knighton, T. (2009). Educational outcomes at age 21 associated with reading ability at age 15. Retrieved from: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/81-004-x/2009002/article/10896-eng.htm> (15/5/2015)
48. Cambridge Online Dictionary. Retrieved from: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/science> (5/1/2019)
49. Caramazza, A., McCloskey, M. and Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: naïve beliefs about the motion of objects. *Science*, 210 (4474), 1139-1141.

50. Carli, L. L., Alawa, L., Lee, Y., Zhao, B. and Kim, E. (2016). Stereotypes About Gender and Science: Women  $\neq$  Scientists. *Psychology of Women Quarterly*, 40(2) 244-260.
51. Cassels, J. R. T. and Johnstone, A. H. (1984). The effect of language on student performance on multiple choice tests in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 61(7), 613-615.
52. Cetin, P., Kaya, E. and Geban, O. (2009). Facilitating conceptual change in gases concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 18(2), 130-137.
53. Chalmers, A. E. (1999). *What is this thing called Science? third edition*. Indianapolis/ Cambridge: Hackett Publishing Company, Inc.
54. Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The Draw-a-Scientist Test. *Science Education*, 67(2), 255-265.
55. Chang, J.-M., Lee, H. and Yen, C.-F. (2010). Alternative conceptions about burning held by Atayal indigene students in Taiwan. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(5), 911-935.
56. Chinn, C. and Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 109-138.
57. Christidou, V. (2011). Interest, attitudes and images related to science: Combining students' voices with the voices of school Science, teachers, and popular science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6(2), 141-159.
58. Christodoulou, A. and Osborne, J. (2014). The Science Classroom as a Site of Epistemic Talk: A Case Study of a Teacher's Attempts to Teach Science Based on Argument. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(10), 1275-1300.
59. Cigdemoglu, C. and Geban, O. (2015). Improving students' chemical literacy levels on thermochemical and thermodynamics concepts through a context-based approach. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 302-317.

60. Clement, J., Brown, D. E. and Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding ‘anchoring conceptions’ for grounding instruction on students’ intuitions. *International Journal of Science Education*, 11(5), 554-565.
61. Cloonan, C. A. and Hutchinson, J. S. (2011). A chemistry concept reasoning test. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 205-209.
62. Clough, M. P. (2006). Learners’ Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494.
63. Clough, M. P. (2011). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 701-717.
64. Cohen, L., Manion, L. and Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education, 6th edition*. New York: Routledge.
65. College Board. (2011). *AP Chemistry Curriculum Framework for 2013-2014*, Retrieved from: <https://www.collegeboard.org/?navId=www-cb> (15/8/2014)
66. Cooper, A. K. and Oliver-Hoyo, M. T. (2016). Argument construction in understanding noncovalent interactions: a comparison of two argumentation frameworks. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1006-1018.
67. Cortes, L. (1992). The Use of Problem-Solving -in the History of Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 69(2), 1012-1013.
68. Cracolice, M. S., Deming, J. C. and Ehlert, B. (2008). Concept learning versus problem solving: a cognitive difference. *Journal of Chemical Education*, 85(6), 873-878.
69. Danili, E. and Reid, N. (2005). Assessment formats: do they make a difference? *Chemistry Education Research and Practice*, 6(4), 204-212.

70. Danili, E. and Reid, N. (2006). Cognitive factors that can potentially affect pupils' test performance. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 64-83.
71. De Jong, O. and Talanquer, V. (2015). Why is it relevant to learn the big ideas in chemistry at school? In I. Eilks and A. Hofstein (Eds.), *Relevant Chemistry Education From Theory to Practice* (pp. 11-31). Rotterdam: Sense Publishers.
72. Dede, C. (2009). *Comparing Frameworks for "21st Century Skills"* Retrieved from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=949C3C6D72025F952213896B3DB84443?doi=10.1.1.475.3846&rep=rep1&type=pdf> (25/2/2019)
73. Dedes, C. (2005). The mechanism of vision: conceptual similarities between historical models and children's representations. *Science & Education*, 14(7), 699-712.
74. Deng, F., Chen, D-T., Tsai, C-C. and Chai, C. S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95(6), 961-999.
75. Deng, Y. and Wang, H. (2017). Research on evaluation of Chinese students' competence in written scientific argumentation in the context of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(1), 127-150.
76. DeSeCo, OECD. (2005). *The Definition and Selection of Key Competencies: Executive Summary*.
77. Dhindsa, H. and Treagust, D. F. (2009). Conceptual understanding of Bruneian tertiary students: chemical bonding and structure. *Brunei International Journal of Science & Mathematics Education*, 1(1), 33-51.
78. Dibattista, L. and Morgese, F. (2013). Introducing history (and philosophy) of science in the classroom: a field research experience in Italy. *Science & Education*, 22(3), 543-576.

79. Dindar, A., Bektas, O. and Celik, A. (2010). What are the pre-service chemistry teachers' explanations on chemistry topics? *The International Journal of Research in Teacher Education*, 1(Special Issue), 32-41.
80. Dori, Y. J. (2003). From nationwide standardized testing to school-based alternative embedded assessment in Israel: students' performance in the "Matriculation 2000" project. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(1), 34-52.
81. Driver, R. and Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5(1), 61-84.
82. Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (Eds.). (1985). *Children's ideas in science* Milton Keynes: Open University Press.
83. Driver, R., Newton, P. and Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
84. Duschl, R. A. (2007). Quality Argumentation and Epistemic Criteria. In S. Erduran and M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education: perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 159-179). Springer.
85. Eichinger, D. C., Abell, S. K. and Dagher, Z. R. (1997). Developing a Graduate Level Science Education Course on the Nature of Science. *Science & Education*, 6(4), 417-429.
86. Eilks, I., Rauch, F., Ralle, B. and Hofstein A. (2013). How to allocate the chemistry curriculum between science and society. In A. Hofstein and I. Eilks (Eds.), *A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers* (pp. 1-36). Rotterdam: Sense Publishers.
87. Eilks, I. and Hofstein, A. (2015). From some historical reflections on the issue of relevance of chemistry education towards a model and an advance organizer – a prologue. In I. Eilks and A. Hofstein (Eds.), *Relevant Chemistry Education From Theory to Practice* (pp. 2-10). Rotterdam: Sense Publishers.



88. Eisen, Y. and Stavy, R. (1988). Students' Understanding of Photosynthesis. *American Biology Teacher*, 50(4), 208-212.
89. Erduran, S. (2007). Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In S. Erduran and M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education: perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 47-70). Springer.
90. Erduran, S., Ozdem, Y. and Park, J. Y. (2015). Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, 2015(2:5), doi: <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0020-1>
91. Erduran, S. and Pabuccu, A. (2015). Promoting argumentation in the context of chemistry stories. In I. Eilks and A. Hofstein (Eds.), *Relevant Chemistry Education From Theory to Practice* (pp. 143-162). Rotterdam: Sense Publishers.
92. European Commission (2007). *Key competences for lifelong learning: European reference Framework*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
93. European Commission (2012). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Rethinking Education: Investing in skills for better socio-economic outcomes*, European commission, Strasbourg, 20. 11. 2012. Retrieved from: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1389776578033&uri=CELEX:52012DC0669> (10/6/2015)
94. European Commission (2018). *Commission Staff Working Document Accompanying the document Proposal for a Council Recommendation on Key Competences for LifeLong Learning*. Brussels, 17.1.2018. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018SC0014&from=EN> (25/2/2019)

95. Faize, F. A., Husain, W. and Nisar, F. (2018). A Critical Review of Scientific Argumentation in Science Education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 475-483.
96. Faria, C., Pereira, G. and Chagas I. (2010). D. Carlos de Braganca, a Pioneer of Experimental Marine Oceanography: Filling the Gap Between Formal and Informal Science Education. *Science & Education*, 21(6), 813-826.
97. Finson, K. D. (2002). Drawing a Scientist: What We Do and Do Not Know After Fifty Years of drawings. *School Science and Mathematics*, 102(7), 335-345.
98. Finegold, D. and Notabartolo, A. S. (2010). *21st century competencies and their impact: An interdisciplinary literature review*. Retrieved from: [http://www.hewlett.org/uploads/21st\\_Century\\_Compencies\\_Impact.pdf](http://www.hewlett.org/uploads/21st_Century_Compencies_Impact.pdf) (1/3/2019)
99. Fisher, K. (1985). A Misconception in Biology: Amino Acids and Translation. *Journal of Research In Science Teaching*, 22(1), 53-62.
100. Folino, D. A. (2001). Stories and Anecdotes in the Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, 78(12), 1615-1618.
101. Freedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude toward science, and achievement in science knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 343-357.
102. Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
103. 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.
104. Galili, I. and Hazan, A. (2001a). The effect of a history-based course in optics on students' views about science. *Science & Education*, 10(1), 7-32.

105. Galili, I. and Hazan, A. (2001b). Experts' views on using history and philosophy of science in the practice of physics instruction. *Science & Education*, 10(4), 345-367.
106. Garnett, P., Garnett, P. and Hackling, M. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25(1), 69-95.
107. Gilbert, J. K. and Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98.
108. Gilbert, J. K. (2006). On the nature of "Context" in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.
109. Giunta, C. J. (1998). Using History To Teach Scientific Method: The Case of Argon. *Journal of Chemical Education*, 75(10), 1322-1325.
110. Giunta, C. J. (2001). Using history to teach scientific method: The role of errors. *Journal of Chemical Education*, 78(5), 623-627.
111. Giunta, C. J. (2014). Review of Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources. *Journal of Chemical Education*, 91(1), 15-16.
112. Godin, B. (2007). What is Science? Defining Science by the Numbers, 1920-2000. *Project on the History and Sociology of S&T Statistics*, Working Paper No. 35
113. Grdenić, D. (2001). *Povijest kemije*. Novi Liber, Zagreb: Školska knjiga.
114. Groner, O. S. (1911). Recent Methods in Elementary Organic Analysis. *Transactions of the Kansas Academy of Science (1903-)*, 23/24, 43-48.
115. Guney, B. G. and Seker, H. (2012). The Use of History of Science as a Cultural Tool to Promote Students' Empathy with the Culture of Science. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(1), 533-539.

116. Hacieminoglu, E. (2014). How In-service Science Teachers Integrate History and Nature of Science in Elementary Science Courses. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 14(1), 353-372.
117. Halai, N. (2010). Teaching Teachers and Students about the Nature of Science. *Journal of Educational Research*, 13(1), 171-179.
118. Harlen W. (Ed.). (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield: The Association for Science Education.
119. Haussler, P. and Hoffmann, L. (2000). A curricular frame for Physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept. *Science Education*, 84(6), 689-705.
120. Hawking, S. (2002). *On the Shoulders of Giants*. London: Running Press.
121. Herron, J. (1977). The Place of History in the Teaching of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 54(1), 15-16.
122. Hesse, J. J. and Anderson, C. W. (1992). Students' concepts of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 277-299.
123. Hofstein, A., Mamlok, R. and Rosenberg, O. (2006). Varying instructional methods and assessment of students in high school chemistry. In M. McMahon, P. Simmons, R. Sommers, D. DeBaets and F. Crawley (Eds.), *Assessment in Science*. Arlington, Virginia, USA: NSTA Press.
124. Holme, T., Bretz, S. L., Cooper, M., Lewis, J., Paek, P., Pienta, N., Stacy, A., Stevens, R. and Towns M. (2010). Enhancing the role of assessment in curriculum reform in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 92-97.
125. Holme, T. (2014). Comparing Recent Organizing Templates for Test Content between ACS Exams in General Chemistry and AP Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1352-1356.
126. Holmyard, J. E. (1928). *The great chemists*. London: Methuen & Co.

127. Hottecke, D. (2000). How and What Can We Learn From Replicating Historical Experiments? A Case Study. *Science & Education*, 9(4), 343-362.
128. Hume, D. L., Carson, K. M., Hodgen, B. and Glaser, R. E. (2006). Chemistry is in the News: Assessment of Student Attitudes toward Authentic News Media-Based Learning Activities. *Journal of Chemical Education*, 83(4), 662-667.
129. Irez S. (2006). Are We Prepared?: An Assessment of Preservice Science Teacher Educators' Beliefs About Nature of Science. *Science Education*, 90(6), 1113-1143.
130. Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.
131. Jaffe B. (1957). *Crucibles the story of chemistry*. New York: Fawcett World Library.
132. Jimenez-Aleixandre, M. P. and Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: An Overview. In S. Erduran and M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 3-29). Springer.
133. Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
134. Johnstone, A. (2000), Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9-15.
135. Johnstone, A. H. and Ambusaidi, A. (2000). Fixed response: what are we testing? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(3), 323-328.
136. Jones, G. M., Howe, A. and Rua, M. J. (2000). Gender Differences in Students' Experiences, Interests, and Attitudes toward Science and Scientists. *Science Education*, 84(2), 180-192.
137. Jorgensen, B. S. (1965). More on Berzelius and the Vital Force. *Journal of Chemical Education*, 42(7), 394-396.

138. Jorpes, E. J. (1966). *Jac Berzelius*. Uppsala: Almqvist & Wiksells Boktryckeri AB.
139. Jukić, R. (2013). Konstruktivizam kao poveznica poučavanja prirodosnanstvenih i društvenih predmeta. *Pedagogijska istraživanja*, 10(2), 241-263.
140. Justi, R. and Mendonca, P. C. C. (2016). Discussion of the Controversy Concerning a Historical Event Among Pre-service Teachers. Contributions to Their Knowledge About Science, Their Argumentative Skills, and Reflections About Their Future Teaching Practices. *Science & Education*, 25(7-8), 795-822.
141. Kahle, J. B. (1988). Gender and science education II. In P. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (pp. 249-265). Philadelphia: The Falmer Press.
142. Kalman, C. (2010). Enabling Students to Develop a Scientific Mindset. *Science & Education*, 19(2), 147-163.
143. Kang, H., Windschitl, M., Stroupe, D. and Thompson, J. (2016). Designing, Launching, and Implementing High Quality Learning Opportunities for Students That Advance Scientific Thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9), 1316-1340.
144. Katchevich, D., Hofstein, A. and Mamlok-Naaman, R. (2013). Argumentation in the Chemistry Laboratory: Inquiry and Confirmatory Experiments. *Research in Science Education*, 43(1), 317-345.
145. Kauffman, G. B. (1987). History of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64(11), 931-933.
146. Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Loverude, M. E. and McDermott, L. C. (2005a). Student understanding of the ideal gas law, part I: a macroscopic perspective. *American Journal of Physics*, 73(11), 1055-1063.

147. Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Shaffer, P. S. and McDermott, L. C. (2005b). Student understanding of the ideal gas law, part II: a microscopic perspective. *American Journal of Physics*, 73(11), 1064-1071.
148. Kelly, G. J. and Takao, A. (2002). Epistemic Levels in Argument: An Analysis of University Oceanography Students' Use of Evidence in Writing. *Science Education*, 86(3), 314-342.
149. Kelly, R. and Jones, L. (2007). Exploring how different features of animations of sodium chloride dissolution affect students' explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 413-429.
150. Kennedy, C. (2014). Integrating "Big Ideas" with a Traditional Topic Sequence in the AP Chemistry Course: First Steps. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1280-1283.
151. Kerkhoven, A. H., Russo, P., Land-Zandstra, A. M., Saxena, A. and Rodenburg, F. J. (2016). Gender Stereotypes in Science Education Resources: A Visual Content Analysis. *PLOS ONE*, 11(11), doi:10.1371/journal.pone.0165037
152. Khishfe, R. (2012). Relationship Between Nature of Science Understandings and Argumentation Skills: A Role for Counterargument and Contextual Factors. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(4), 489-514.
153. Khishfe, R. (2014). Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction in the Context of Socioscientific Issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36(6), 974-1016.
154. 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.
155. Kind, V. (2004). *Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas*. Resource document. Royal Society of Chemistry. Retrieved from: <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00002202/beyond-appearances?cmpid=CMP00007478> (1/6/2015)

156. Kipnis, N. (2011). Errors in science and their treatment in teaching science. *Science & Education*, 20(7), 655-685.
157. Klassen, S. (2006). Contextual assessment in science education: background, issues and policy. *Science Education*, 90(5), 820-851.
158. Kousathana, M. and Tsaparlis, G. (2002). Students' error in solving numerical chemical equilibrium problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 3(1), 5-17.
159. Kubiatio, M. (2015). Is chemistry attractive for pupils? Czech pupils' perception of chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(4), 855-863.
160. Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge: University Press.
161. Kuhn, D. and Udell, W. (2003). The Development of Argument Skills. *Child Development*, 74(5), 1245-1260.
162. Lai, E. and Viering, M. (2012). *Assessing 21st Century Skills: Integrating Research Findings*. Vancouver, B.C.: National Council on Measurement in Education.
163. Leach, J., Hind, A. and Ryder, J. (2003). Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education*, 87(6), 831-848.
164. Lederman, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
165. Lederman, N. G. (1999). Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors That Facilitate or Impede the Relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.



166. Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In K. S. Abell and N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Erlbaum.
167. Leyh, B., Avitabile, G. and Kelly, O. (2015). Designing Courses on the Nature and History of Science. In I. Maciejowska and B. Byers (Eds.), *A Guidebook of Good Practice for the Pre-Service Training of Chemistry Teachers* (pp. 223-246). Krakow: Faculty of Chemistry, Jagiellonian University in Krakow.
168. Lin, H. (1998). The Effectiveness of Teaching Chemistry through the History of Science. *Journal of Chemical Education*, 75(10), 1326-1330.
169. Lu, S. and Bi, H. (2016). Development of a measurement instrument to assess students' electrolyte conceptual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1030-1040.
170. Lunn, S. (2002). „What we think we can safely say...’: Primary teachers' views of the nature of science. *British Educational Research Journal*, 28(5), 649-672.
171. Luxford, C. J. and Bretz, S. L. (2014). Development of the bonding representations inventory to identify student misconceptions about covalent and ionic bonding representations. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 312-320.
172. Magnusson, S., Krajcik, J. and Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome and N. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Dordrecht, Kluwer: Academic Publishers.
173. Mamlok-Naaman, R., Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Menis, J. and Erduran, S. (2005). Learning science through a historical approach: Does it affect the attitudes of non-science-oriented students towards science? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(3), 485-507.

174. Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayan, M. and Hofstein, A. (2012). High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 80–92.
175. Marković, M., Ranđelović, M., Trivić, D., Bojović, S. i Zindović-Vukadinović G. (2006). Efikasnost različitih metoda nastave i učenja hemije u osnovnoj školi. *Nastava i vaspitanje*, 55(4), 398-413.
176. Martella, R. C., Nelson, J. R., Morgan, R. L. and Marchand-Martella, N. E. (2013). *Understanding and Interpreting Educational Research*. New York: The Guilford Press.
177. Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J. and Chrostowski, S. J. (2004). *TIMSS 2003 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.
178. 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.
179. Mason, C. L., Kahle, J. B. and Gardner, A. L. (1991). Draw-A-Scientist Test: Future implications. *School Science and Mathematics*, 91(5), 193-198.
180. Matijašević, I., Stojiljković, D., Đorđević, Z., Eraković, I. and Korolija, J. (2013), State and directions for development of materialtechnical aspects of the environment for teaching/courses of chemistry in Belgrade primary schools. *Pedagogy*, 68(4), 619-629.
181. Matthews, M. R. (1989). Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science. *Interchange*, 20(2), 3-15.
182. Matthews, M. R. (1994). Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science. New York: Routledge.

183. McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J. and Marx, R. W. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
184. Mead, M. and Metraux, R. (1957). The image of the scientist among high school students: A pilot study. *Science*, 126(3270), 384-390.
185. Mendonca, P. C. C. and Justi, R. (2014). An Instrument for Analyzing Arguments Produced in Modeling-Based Chemistry Lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(2), 192-218.
186. Milanović-Nahod, S., Šaranović-Božanović, N. i Šišović, D. (2003). Uloga pojmova u nastavi prirodnih nauka. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, 35, 111-130.
187. Milenković, D. (2014). *Razvoj i evaluacija instrukcione strategije zasnovane na tripletnom modelu reprezentacije sadržaja neorganske hemije u srednjoškolskom obrazovanju – doktorska disertacija*, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine.
188. Mitchell, J. (1994). Teachers' Implicit Theories concerning Questioning. *British Educational Research Journal*, 20(1), 69-83. Retrieved from: <http://www.jstor.org/stable/1500864> (1/3/2019)
189. Monk, M. and Osborne, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
190. Morris, C. (Ed). (1922). *Academic Press Dictionary of Science and Technology*. SanDiego: Academic Press.
191. 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.

192. Murcia, K. and Schibeci, R. (1999). Primary student teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1123-1140.
193. Murphy, K., Holme, T., Zenisky, A., Caruthers, H. and Knaus, K. (2012). Building the ACS Exams Anchoring Concept Content Map for Undergraduate Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(6), 715-720.
194. Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191-196.
195. Neville, R. G. and Engineers, K. (1974). Steps leading to the discovery of oxygen, 1774: a bicentennial tribute to Joseph Priestly. *Journal of Chemical Education*, 51(7), 428-431.
196. Newton, D. P. and Newton, L. D. (2009). Some student teachers' conceptions of creativity in school science. *Research in Science & Technological Education*, 27(2), 45-60.
197. Niaz, M. (1998). A Lakatosian conceptual change teaching strategy based on students' ability to build models with varying degrees of conceptual understanding of chemical equilibrium. *Science & Education*, 7(2), 107-127.
198. Nott, M. and Wellington, J. (1998). Eliciting, interpreting and developing teachers' understandings of the nature of science. *Science & Education*, 7(6), 579-594.
199. OCEA (2016). *Towards Defining 21<sup>st</sup> Century Competencies for Ontario. 21<sup>st</sup> Century Competencies. Foundation document for discussion*. Retrieved from: <https://oce.a.on.ca/wp-content/uploads/2018/02/21cl-21stcenturycompetencies.pdf> (3/3/2019)
200. OECD (2013), *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, OECD Publishing.

201. Olsson, K. A., Balgopal, M. M. and Levinger, N. E. (2015). How Did We Get Here? Teaching Chemistry with a Historical Perspective. *Journal of Chemical Education*, 92(11), 1773-1776.
202. Ornek, F. and Turkey, K. (2014). Do pre-service science teachers have understanding of the nature of science?: Explicit-reflective approach. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 15(2), Article 6, 1-29.
203. Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
204. Osborne, J., Erduran, S. and Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
205. Osborne, J. and Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections. A Report to the Nuffield Foundation*. Kings College London.
206. Oxford Online Dictionary. Retrieved from: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/science> (10/2/2019)
207. 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.
208. Ozmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: a literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159.
209. Ozmen, H. (2008). The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey. *Computers & Education*, 51(1), 423-438.

210. Pabuccu, A. and Geban, O. (2006). Remediation misconceptions concerning chemical bonding through conceptual change text. *Hacettepe University Journal of Education*, 30, 184-192.
211. Pabuccu, A. and Erduran, S. (2016). Investigating students' engagement in epistemic and narrative practices of chemistry in the context of a story on gas behavior. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 523-531.
212. Paixao, M. F. and Cachapuz, A. (2000). Mass conservation in chemical reactions: the development of an innovative teaching strategy based on the history and philosophy of science. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 201-215.
213. Palmer, D. H. (1997). Investigating students. Private perceptions of scientists and their work. *Science & Technological Education*, 15(2), 173-183.
214. Parchmann, I., Grasel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. and Ralle, B. (2006). The ChiK Project Group (2006) "Chemie im Kontext": a symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science and Education*, 28(9), 1041-1062.
215. Park, E. and Light, G. (2009). Identifying atomic structure as a threshold concept: student mental models and troublesomeness. *International Journal of Science Education*, 31(2), 233-258.
216. Partington, J. R. (1937). *A short history of chemistry*. London: Macmillan and Co.
217. P21, Partnership for 21<sup>st</sup> century Skills. (2009). *P21 framework definitions*. Retrieved from: [http://p21.org/storage/documents/P21\\_Framework\\_Definitions.pdf](http://p21.org/storage/documents/P21_Framework_Definitions.pdf) (28/2/2019)
218. 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.
219. Pešikan, A. (1996). *Treba li deci istorija – psihološki problemi učenja/nastave istorije u osnovnoj školi*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.

220. Pešikan, A. (2010). Savremeni pogled na prirodu školskog učenja i nastave: socio-konstruktivističko gledište i njegove praktične implikacije. *Psihološka istraživanja*, 18(2), 157-184.
221. Pešikan, A. i Lalović, Z. (2017). *Obrazovanje za život: Ključne kompetencije za 21. vijek u kurikulumima u Crnoj Gori*. Podgorica: UNICEF Crna Gora.
222. Potter, N. M. and Overton, T. L. (2006). Chemistry in sport: context-based e-learning in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(3), 195-202.
223. Putica, K. and Trivic, D. D. (2016). Cognitive apprenticeship as a vehicle for enhancing the understanding and functionalization of organic chemistry knowledge. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 172-196.
224. Race P. (2003). Designing assessment to improve Physical Sciences learning – exams. Retrieved from: [https://www.heacademy.ac.uk/system/files/ps0069\\_designing\\_assessment\\_to\\_improve\\_physical\\_sciences\\_learning\\_march\\_2009.pdf](https://www.heacademy.ac.uk/system/files/ps0069_designing_assessment_to_improve_physical_sciences_learning_march_2009.pdf) (1/2/2017)
225. Ramsden, J. M. (1997). How does a context-based approach influence understanding of key chemical ideas at 16+? *International Journal of Science Education*, 19(6), 697-710.
226. Rando, W. C. and Menges, R. J. (1991). How practice is shaped by personal theories. *New Directions for Teaching & Learning*, 45, 7-14.
227. Rasmussen, S. C. (2007). The History of Science as a Tool To Identify and Confront Pseudoscience. *Journal of Chemical Education*, 84(6), 949-951.
228. Reinking, A. and Martin, B. (2018). The Gender Gap in STEM Fields: Theories, Movements, and Ideas to Engage Girls in STEM. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(2), 148-153.
229. Rennie, L. J., Goodrum, D. and Hackling, M. (2001). Science Teaching and Learning in Australian Schools: Results of a National Study. *Research in Science Education*, 31(4), 455-498.

230. Richards, W. T. (1928). A definition of science. *Journal of Chemical Education*, 5(7), 874.
231. Rosenthal, D. B. (1993). Images of scientists: a comparison of biology and liberal studies majors. *School Science and Mathematics*, 93(4), 212-216.
232. Rotherham, A. J. and Willingham, D. T. (2010). "21st-Century" Skills. *American Educator*, 34(1), 17-20.
233. Rushton G. T. (2012). Improving High School Chemistry Teaching via the "Trickle Up" Effect: A Perspective on the New AP Chemistry Curriculum Framework. *Journal of Chemical Education*, 89(6), 692-693.
234. Rychen, D. S. and Salganik, S. L. (2000). *A Contribution of the OECD Program Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations - Definition and Selection of Key Competencies*. Ines General Assembly 2000.
235. Ryu, S. and Sandoval, W. A. (2012). Improvements to Elementary Children's Epistemic Understanding From Sustained Argumentation. *Science Education*, 96(3), 488-526.
236. Sadler, T. D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
237. Salta, K. and Tzougraki, C. (2004). Attitudes Toward Chemistry Among 11<sup>th</sup> Grade Students in High Schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535-547.
238. Samaras, G., Bonoti, F. and Christidou, V. (2012). Exploring children's perceptions of scientists through drawings and interviews. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46 (2012), 1541-1546.
239. Samet, C. and Higgins, P. (2005). Napoleon's Buttons: Teaching the Role of Chemistry in History. *Journal of Chemical Education*, 82(10), 1496-1500.



240. Sampson, V. and Clark, D. B. (2011). A Comparison of the Collaborative Scientific Argumentation Practices of Two High and Two Low Performing Groups. *Research in Science Education*, 41(1), 63-97.
241. Sampson, V., Grooms, J. and Walker J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
242. Sandoval, W. A. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.
243. Sandoval, W. A. and Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
244. Schibeci, R. A. and Riley, J. P. (1986). Influence of students' background and perceptions on science attitudes and achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(3), 177-187.
245. Schwartz, R. S. and Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
246. Schwartz, A. T. (2006). Contextualized chemistry education: the American experience. *International Journal of Science Education*, 28(9), 977-998.
247. Sendur, G., Polat, M. and Kazanc, C. (2017). Does a course on the history and philosophy of chemistry have any effect on prospective chemistry teachers' perceptions? The case of chemistry and the chemist. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 601-629.
248. Senocak, E., Taskesenligil, Y. and Sozibilir, M. (2007). A study on teaching gases to prospective primary science teachers through problem-based learning. *Research in Science Education*, 37(3), 279-290.

249. Seroglou, F., Panagiotis, K. and Tselves, V. (1998). History of Science and Instructional Design: The Case of Electromagnetism. *Science & Education*, 7(3), 261-280.
250. Shadish, W. R., Cook, T. D. and Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton Mifflin.
251. She, H. C. (1998). Gender and grade level differences in Taiwan students' stereotypes of science and scientists. *Research in Science and Technological Education*, 16(2), 125-135.
252. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
253. Shwartz, Y., Ben-Zvi, R. and Hofstein, A. (2006). Chemical Literacy: What Does This Mean to Scientists and School Teachers? *Journal of Chemical Education*, 83(10), 1557-1561.
254. Siegel, M. A. and Ranney, M. A. (2003). Developing the Changes in Attitude about the Relevance of Science (CARS) questionnaire and assessing two high school science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 757-775.
255. Simon, S., Erduran, S. and Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
256. Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927.
257. Simpson, R. and Oliver, S. (1985). Attitude toward science and achievement motivation profiles of male and female science students in grades six through ten. *Science Education*, 69(4), 511-526.

258. Simpson, R. D. and Oliver, J. S. (1990). A summary of the major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74(1), 1-18.
259. Singh, S. and Singh, S. (2016). What is scientific literacy: A review paper. *International Journal of Academic Research and Development*, 1(2), 15-20.
260. Sjostrom, J. and Talanquer, V. (2014). Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problematization. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1125-1131.
261. Slavin, R. E. (2002). Evidence-based education policies: transforming educational practice and research. *Educational Research*, 31(7), 15-21.
262. Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W. and Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic-molecular theory. *Measurement*, 14(1&2), 1-98.
263. Sneider, C. and Ohadi, M. M. (1998). Unraveling Students' Misconceptions about the Earth's Shape and Gravity. *Science Education*, 82(2), 265-284.
264. Solbes, J. and Traver, M. (2003). Against a Negative Image of Science: History of Science and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science & Education*, 12(7), 703-717.
265. 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.
266. Solomon, J., Duveen, J. and Scott, L. (1994). Pupil's images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16(3), 361-373.
267. Stains, M., Escriu-Sune, M., Lisseth, M., Alvarez de Santizo, M. and Sevian, H. (2011), Assessing Secondary and College Students' Implicit Assumptions about the

- Particulate Nature of Matter: Development and Validation of the Structure and Motion of Matter Survey. *Journal of Chemical Education*, 88(10), 1359-1365.
268. Stamovlasis, D., Kypraios, N. and 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.
269. Stavy, R., Eisen, Y. and Yaakobi, D. (1987). How students aged 13–15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105-115.
270. Stefani, C. and Tsaparlis, G. (2009). Students' levels of explanations, models, and misconceptions in basic quantum chemistry: a phenomenographic study. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(5), 520-536.
271. Stinner, A., Mcmillan, B. A., Metz, D., Jilek, J. M. and Klassen, S. (2003). The Renewal of Case Studies in Science Education, *Science & Education*, 12(7), 617-643.
272. Stock, J. (2004). The teaching of the history of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 81(6), 793-794.
273. Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. and Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34.
274. Šimičić, S. (2018). *Uporaba čestičnog crteža pri analizi, usvajanju, provjeri i unapređenju konceptualnog znanja u početnom poučavanju kemije – doktorski rad*, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu.
275. Šišović, D. and Bojović, S. (1997). Proveravanje znanja u nastavi hemije kroz demonstracione oglede. *Nastava i vaspitanje*, 45(1), 5-17.
276. Šišović, D. and Bojović, S. (1999). Stavovi učenika prvog razreda gimnazije prema nastavi hemije. *Nastava i vaspitanje*, 48(3-4), 352-364.

277. Sisovic, D. and Bojovic, S. (2000). Approaching the Concepts of Acids and Bases by Cooperative Learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 263-275.
278. Sisovic, D. and Bojovic, S. (2001). The elaboration of the salt hydrolysis concept by cooperative learning. *Journal of Science Education*, 2(1), 19-23.
279. Šišović, D. i Bojović, S. (2001). Znanje osnovnih hemijskih pojmova u osnovnoj školi i gimnaziji. *Nastava i vaspitanje*, 50(2), 185-197.
280. Šišović, D., Bojović, S. i Pavlović, J. (2003). Individualno i grupno proveravanje znanja hemije na početku prvog razreda gimnazije. *Nastava i vaspitanje*, 52(2-3), 139-156.
281. Šišović, D. (2005). Postignuće učenika iz hemije, *TIMSS 2003 u Srbiji*, Beograd: Institut za pedagoška istraživanja, 215-245.
282. Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure*. London: Royal Society of Chemistry.
283. Taber, K. S. (2009). Challenging misconceptions in the chemistry classroom: resources to support teachers. *Educació Química*, 4, 13-20.
284. Taber, K. S. (2014). Alternative conceptions/frameworks/misconceptions. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopaedia of science education* (pp. 1-5).
285. Takao, A. Y., Prothero, W. A. and Kelly, G. J. (2002). Applying argumentation analysis to assess the quality of university oceanography students' scientific writing. *Journal of Geoscience Education*, 50(1), 40-48.
286. Talanquer, V. (2006). Commonsense Chemistry: A Model for Understanding Students' Alternative Conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811-816.
287. Talanquer, V. and Pollard, J. (2010). Let's teach how we think instead of what we know. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 74-83.

288. Talanquer, V. (2013). Chemistry Education: Ten Facets To Shape Us. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 832-838.
289. Talanquer, V. (2016). Central Ideas in Chemistry: An Alternative Perspective. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 3-8.
290. Tan, K. and Treagust, D. F. (1999). Evaluating students' understanding of chemical bonding. *School Science Review*, 81(294), 75-83.
291. Thore, E. (1924). *History of chemistry*. London: Watts & Co.
292. Tolvanen, S., Jansson, J., Vesterinen, V. M. and Aksela, M. (2014). How to Use Historical Approach to Teach Nature of Science in Chemistry Education? *Science & Education*, 23(8), 1605-1636.
293. Toulmin, S. (1958). *The Uses of Arguments*. Cambridge University Press.
294. Trivić, D., Lazarević, E. i Bogdanović, M. (2011): Postignuće učenika i nastava hemije. U S. Gašić- Pavišić i D. Stanković (Ur.), *TIMSS 2007 u Srbiji* (str. 97-145), Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
295. Trivić, D. (2013). *Teme iz metodike nastave hemije*, priručnik za nastavnike hemije. Beograd: Klett.
296. Tsai, C-C. (2007). Teachers' Scientific Epistemological Views: The Coherence with Instruction and Students' Views. *Science Education*, 91(2), 222-243.
297. Turkmen, H. (2008). Turkish Primary Students' Perceptions about Scientist and What Factors Affecting the Image of the Scientists. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 24(8), 771-783.
298. Vaino, K., Holbrook, J. and Rannikmäe, M. (2012). Stimulating students' intrinsic motivation for learning chemistry through the use of context-based learning modules. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 410-419.

299. Van Driel, J. H., Verloop, N. and DeVos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
300. Voogt, J. and Roblin, N. P. (2010). *21st century skills—Discussion paper*. University of Twente. Retrieved from: <http://www.internationalsymposiumoneducationalreform.com/storage/21st%20Century%20Skills.pdf> (2/3/2019)
301. von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J. and Simon, S. (2008). Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.
302. Weiss, I. R., Pasley, J. D., Smith, P. S., Banilower, E. R. and Heck, D. J. (2003). *Looking inside the classroom: A study of K-12 mathematics and science education in the United States*. Chapel Hill, NC: Horizon Research, Inc.
303. Wiebe, R. and Stinner, A. (2010). Using Story to Help Student Understanding of Gas Behavior. *Interchange*, 41(4), 347-361.
304. Wieder, W. (2006). Science as story. *The American Biology Teacher*, 68(4), 200-205.
305. Ye, L. and Lewis, S. (2014). Looking for links: examining student responses in creative exercises for evidence of linking chemistry concepts. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 576-586.
306. Zaragoza, C. and Fernández-Novell, J. M. (2003). Teaching chemistry through history: The development of the Periodic table. Retrieved from: [www.csun.edu/~dcw04262/files/.../shistory.d...](http://www.csun.edu/~dcw04262/files/.../shistory.d...), (15/6/2012)
307. Zeidler, D. L. and Lederman, N. G. (1989). "The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science". *Journal of Research of Science Teaching*, 26(9), 771-783.

308. Zeidler, D. L. and Keefer, M. (2003). The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in science education philosophical, psychological and pedagogical Considerations. In D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 7-41). Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers.
309. Zempen, G. A. (2011). History of Science and Argumentation in Science Education: Joining Forces? In P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa and A. A Rizaki (Eds.), *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (pp. 129-140). Rotterdam: Sense Publishers.
310. Zohar, A. and Nemet, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.



# 7. Прилози

## Прилог 1 Упитник за наставнике хемије (прво прелиминарно истраживање)

I На следећа питања одговорите заокруживањем слова испред одговора који Вас најбоље описују или писањем одговора на за то предвиђеној линији.

- 1. Пол:**
  - а) мушки
  - б) женски
- 2. Колико имате година?**
  - а) < 30
  - б) 31-40
  - в) 41-50
  - г) > 50
- 3. Ком типу насеља припада место у коме се налази школа у којој радите?**
  - а) град
  - б) село
  - в) варош
- 4. Последњи завршени ниво Вашег образовања је:**
  - а) виши
  - б) високи
  - в) мастер
  - г) специјализација, магистратура, докторат
- 5. Наведите назив факултета/више/високе школе и смер који сте завршили.**

---
- 6. Колико дуго радите у образовању?**
  - а) мање од 5 година
  - б) 6-15 година
  - в) 16-25 година
  - г) 26-35 година
  - д) више 35 година
- 7. Током основних студија похађао/ла сам курсеве из:**
  - а) историје науке/хемије
  - б) филозофије науке
  - в) методике наставе хемије
  - г) психологије
  - д) педагогије
  - в) ниједан од наведених

II Искажите учесталост наведених активности писањем знака + у одговарајуће поље табеле (1 - никад; 2 - понекад; 3 - често; 4 - врло често; 5 - увек)

Активности	1	2	3	4	5
Читам текстове о историји природних наука.					
Читам текстове о филозофији природних наука.					
На часовима помињем садржаје из историје хемије.					
На часовима подстичем активности ученика које су сличне активностима научника.					
На часовима примењујем текст методу.					
На часовима организујем дебате о начину долажења до научних открића и етици у науци.					
Ученицима задајем да пишу есеје о научницима и научним открићима.					

**III На следећа питања одговорите заокруживањем слова испред одговора који исказује Ваше мишљење о примени догађаја из историје хемије у настави хемије.**

**1. Највише заступљени садржаји из историје хемије на мојим часовима су:**

- а) биографије научника
- б) године различитих открића
- в) начини долажења до открића
- г) ништа од наведеног

**2. Садржаји из историје хемије у уџбеницима хемије су:**

- а) довољно заступљени
- б) недовољно заступљени
- в) немам мишљење

**3. Садржаји из историје хемије су ученицима:**

- а) корисни и занимљиви
- б) корисни, али незанимљиви
- в) некорисни, али занимљиви
- г) некорисни и незанимљиви

**4. Садржаји из хемије презентовани кроз епизоде из историје хемије:**

- а) не доприносе ученичком разумевању садржаја хемије
- б) мало доприносе ученичком разумевању садржаја хемије
- в) умерено доприносе ученичком разумевању садржаја хемије
- г) веома доприносе ученичком разумевању садржаја хемије

**5. Презентовање садржаја хемије кроз епизоде из историје хемије у односу на презентовање садржаја хемије у контексту савременог живота:**

- а) мање доприноси ученичком разумевању хемије
- б) више доприноси ученичком разумевању хемије
- в) једнако доприноси ученичком разумевању хемије

**IV Искажите степен слагања са наведеним исказима писањем знака + у одговарајуће поље табеле (1 - не слажем се; 2 - делимично се слажем; 3 - потпуно се слажем; 4 - немам мишљење)**

Исказ	1	2	3	4
Развијање научног мишљења ученика је важан циљ наставе хемије.				
У науци има места за маштовитост и креативност.				
Научне теорије се стално преиспитују.				
На часовима природних наука потребно је више садржаја из историје и филозофије науке.				
Садржаји из историје науке доприносе развијању позитивног става о науци код ученика.				
Познавање историје и филозофије науке доприноси квалитетнијем решавању проблема савременог друштва.				

**V Напишите одговоре на следећа питања:**

**1. Како ученицима дефинишете науку?**

**2. Наведите садржаје хемије који су према Вашем мишљењу погодни за обрађивање кроз епизоде из историје хемије.**

**3. Наведите имена научника која најчешће помињете на својим часовима.**

**4. Ко је Ваш омиљени научник и зашто?**

## Прилог 2 Упитник за наставнике хемије (друго прелиминарно истраживање)

**I** Означите поља испред одговора који Вас најбоље описују или напишите одговоре у за то предвиђена поља.

**Пол:**

- мушки  
 женски

**Године старости:**

- < 30  
 31-40  
 41-50  
 > 50

**Последњи завршени ниво Вашег образовања је:**

- виши  
 високи  
 мастер  
 специјализација, магистратура, докторат

**Наведите назив и место налажења факултета/више/високе школе коју сте завршили.**

**Наведите студијску групу (смер) који сте завршили на основним студијама.**

**Наведите студијску групу (смер) који сте завршили на мастер студијама или вишем нивоу студија.**

**Током основних студија похађао/ла сам курсеве (предмете) из:**

- историје науке/хемије

- филозофије науке  
 методике наставе хемије  
 психологије  
 педагогије  
 ниједан од наведених

**Након завршених студија наставио/ла сам да проучавам текстове из:**

- различитих области хемије  
 историје науке/хемије  
 филозофије науке  
 методике наставе хемије  
 психологије  
 педагогије  
 ништа од наведеног

**Трајање радног стажа у образовању:**

- < 5 година  
 6-15 година  
 16-25 година  
 26-35 година  
 > 35 година

**Тип насеља у коме се налази школа у којој радите:**

- град  
 село  
 варош

**II** Искжите Ваше ставове о примени садржаја из историје хемије у настави хемије, означавањем броја на скали или одговора са којим се највише слажете.

**На својим часовима посвећујем пажњу садржајима из историје хемије:**

	1	2	3	4	5	
никада	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	увек

**Садржаји из историје хемије су ученицима:**

	1	2	3	4	5	
незанимљиви	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	занимљиви

Највише заступљени садржаји из историје хемије на мојим часовима су:

- биографије научника
- године различитих открића
- начини долажења до открића
- ништа од наведеног

Од својих ученика очекујем да познају садржаје из историје хемије који се односе на:

- биографије научника
- године различитих открића
- начине долажења до открића
- ништа од наведеног

Садржаји из историје хемије су ученицима за разумевање хемије:

	1	2	3	4	5	
некорисни	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	корисни

III Искажите Ваше ставове о примењивању садржаја из историје хемије у настави неорганске хемије, означавањем броја на скали или одговора са којим се највише слажете.

У оквиру теме Неметали, највише помињем садржаје из историје хемије приликом обраде:

- водоника
- кисеоника
- сумпора
- азота
- угљеника

Када ученике упознајем са историјом открића водоника, истичем:

- Кевендишову биографију
- начин открића водоника
- начин на који је елемент добио име
- ништа од наведеног

Научник којег ученицима наводим као заслужног за откриће кисеоника је:

- Карл Шеле
- Цозеф Пристли
- Антоан Лавоазје
- ниједан од наведених

Садржаји из историје хемије у уџбеницима хемије су заступљени:

	1	2	3	4	5	
недовољно	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	довољно

Ученицима дајем додатни материјал о биографијама научника и догађајима из историје хемије.

	1	2	3	4	5	
никада	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	увек

Ученицима задајем да пишу есеје о научницима и научним открићима.

	1	2	3	4	5	
никада	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	увек

У оквиру теме Метали, највише помињем садржаје из историје хемије приликом обраде:

- калцијума
- гвожђа
- бакра
- алуминијума

Када ученике упознајем са историјом открића калцијума, истичем:

- Дејвијеву биографију
- начин открића калцијума
- начин на који је елемент добио име
- ништа од наведеног

Садржаје о бакру и гвожђу обрађујем кроз повезивање са добима у развоју цивилизације (бакарним, бронзаним и гвозденим).

	1	2	3	4	5	
никада	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	увек

**Када ученике упознајем са историјом открића азота, истичем:**

- Радерфордову биографију
- начин открића азота
- начин на који је елемент добио име
- ништа од наведеног

**Када ученицима говорим о Хабер-Бошовом процесу, истичем:**

- важност процеса за развој хемијске индустрије
- да су Хабер и Бош добитници Нобелове награде
- Хаберово учешће у Првом светском рату
- ништа од наведеног

**При обради сумпора ученицима истичем његово:**

- порекло имена
- помињање у грчкој митологији
- помињање у Библији
- коришћење у "грчкој ватри"

**При обради наставне јединице Угљеник, највише времена посвећујем историји открића:**

- графита
- дијаманта
- фулерена
- оксида угљеника
- ништа од наведеног

**Легура чијој историји развоја посвећујем највише пажње је:**

- бронза
- челик
- месинг
- дуралуминијум
- ниједна од наведених

**Соли чију примену кроз историју најчешће помињем су:**

- сулфати
- нитрати
- карбонати
- ништа од наведеног

**Приликом обраде Електролитичке дисоцијације, истичем:**

- начин успостављања Аренијусове теорије
- оспоравање Аренијусове теорије
- додељивање Нобелове награде Аренијусу
- ништа од наведеног

### Прилог 3 Упитник за ученике

Пол: \_\_\_\_\_

Оцена из хемије на крају  
седмог разреда: \_\_\_\_\_

Оцена из историје на крају  
седмог разреда: \_\_\_\_\_

1. Шта је наука по твом мишљењу?
2. Шта је експеримент?
3. Које су по твом мишљењу главне активности научника?
4. Шта је заједничко у раду научника – историчара и научника – хемичара?
5. По чему се разликује рад научника – историчара и научника – хемичара?
6. Колико је по твом мишљењу научни рад значајан за друштво? Објасни одговор.
7. Да ли је наука значајна за тебе? Објасни одговор.
8. Које научно откриће је оставило на тебе снажан утисак? Објасни одговор.
9. Постоји ли научник коме се дивиш због његовог дела? Како се зове тај научник и шта је он урадио?
10. Да ли би волео/волела да се бавиш науком? Објасни одговор.

## Прилог 4 Иницијални тест (Увод у органску хемију)

1. Користећи Периодни систем елемената попуни „личну карту“ угљеника

а) Атомски број:

б) Распоред електрона по енергијским нивоима:

в) Група у Периодном систему елемената:

г) Периода у Периодном систему елемената:

д) Симбол са атомским и масеним бројем:

ђ) Алотропске модификације угљеника:

е) Непотпуним сагоревањем угљеника настаје једињење чија је формула:

ж) Потпуним сагоревањем угљеника настаје једињење чија је формула:

з) Када производ потпуног сагоревања угљеника реагује са водом настаје једињење чија је формула:

и) Цртеж модела атома угљеника:

2. На основу хемијске формуле одреди валенцу сваког елемента и напиши је изнад симбола елемента.

а)  $\text{CO}_2$     б)  $\text{Al}_2\text{O}_3$     в)  $\text{H}_2\text{O}$     г)  $\text{CO}$

3. Представи молекул водоника формулама наведеним у табели испод.

а) Луисова формула	б) Структурна формула	в) Молекулска формула

г) Којом су хемијском везом повезани атоми у молекулу водоника?

д) Објасни каква је растворљивост водоника у води.

4. Који је тип хемијске везе у супстанцама чији су називи наведени у табели и да ли се оне растварају у води? Одговоре напиши у одговарајућим пољима табеле.

Супстанца	Тип хемијске везе	Супстанца је растворна у води
а) Јод		
б) Хлороводоник		
в) Натријум-хлорид		

5. Заокружи ДА ако је исказ тачан или НЕ ако је нетачан.

Уколико је исказ нетачан, на линији напиши како би гласио тачан исказ.

а) Неметали не проводе струју и топлоту, осим угљеника у облику графита. ДА НЕ

б) Неметали имају високе температуре топљења. ДА НЕ

в) Сви метали су на собној температури и атмосферском притиску у чврстом агрегатном стању. ДА НЕ

г) Сви метали имају магнетно својство. ДА НЕ

6. Распореди наведене формуле једињења у колоне табеле према класи којој једињења припадају:

HCl, Ca(OH)<sub>2</sub>, CaO, CaSO<sub>4</sub>, NaCl, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, KNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>,

а) Оксиди	б) Киселине	в) Базе	г) Соли

7. На линији поред назива супстанце напиши број који одговара њеној практичној примени:

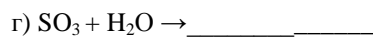
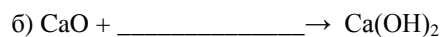
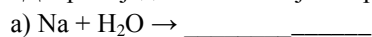
- |                         |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|
| сумпор(IV)-оксид _____  | 1. Производња вештачког ђубрива  |
| азотна киселина _____   | 2. Производња газираних напитака |
| угљеник(IV)-оксид _____ | 3. Дезинфекција буради за вино   |
|                         | 4. Производња школских креда     |

8. На линији поред назива супстанце напиши њену хемијску формулу:

а) сумпор(VI)-оксид \_\_\_\_\_ б) угљена киселина \_\_\_\_\_

в) магнезијум-хидроксид \_\_\_\_\_ г) калцијум-карбонат \_\_\_\_\_

9. Доврши једначине хемијских реакција:





## Прилог 5 Текст који су читали ученици обе групе (Увод у органску хемију)

### Увод у органску хемију

Све до 19. века научници су веровали да једињења у живим бићима настају под утицајем животне силе (*vis vitalis*).

Сматрали су да су та једињења превише сложена да би настала ван живог организма, у лабораторијским условима. Због тога су једињењима за коју су тада знали да постоје у живим бићима, дали назив **органска једињења**. Једињења за која су мислили да постоје само у неживој природи, назвали су **неорганска једињења**.

Животна сила (*лат. vis - сила, vitalis - животни*)

Органска једињења  
(*грч. organikos - жив*)

Мит да је за синтезу органских једињења потребна животна сила оповргао је 1828. године немачки хемичар Фридрих Велер (слика 1.). Он је први синтетисао једно органско једињење - уреу, употребивши при томе неорганске супстанце. С обзиром на то да је уреа саставни део урина, њена синтеза из неорганских једињења сматрана је немогућом. Касније су синтетисана многа друга једињења, на пример аспирин који је синтетисао научник Бајер, чиме почиње масовна производња лекова који садрже органска једињења.



Слика 1 Фридрих Велер

Окружени смо великим бројем супстанци. Живот не бисмо могли да замислимо без хране, одеће, средстава за улепшавање и личну хигијену, лекова и горива који су изграђени од супстанци врло сложене структуре. Данас је познато преко 50 милиона органских једињења. Сва она имају једно заједничко својство - садрже један или више атома угљеника. Зато се органска хемија данас често назива **хемија угљеникових једињења**.

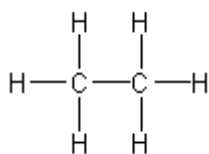
Међутим, једињења угљеника о којима си до сада учио/ла: оксиди угљеника, угљена киселина и соли угљене киселине, сврставају се у неорганска једињења. За разлику од неорганских једињења у којима угљеников атом може бити двовалентан или четворовалентан, у органским једињењима угљеников атом је увек четворовалентан. Поред угљеника, који увек улази у састав органских једињења, молекули тих једињења скоро увек садрже атом водоника, често атом кисеоника, азота и халогених елемената, а ређе атоме сумпора и фосфора.

C<sup>IV</sup>

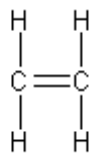
Валенца угљеника у органским једињењима је четири



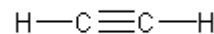
Угљеникови атоми могу се међусобно повезивати. Веза између два атома угљеника може бити једнострука, двострука или трострука. На сличан начин атоми угљеника граде везе са атомима других елеманата, као што су азот, кисеоник и сумпор



Једнострука веза

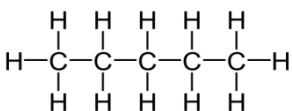


Двострука веза

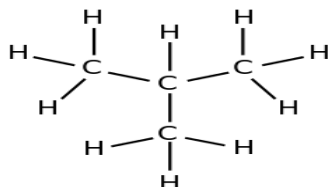


Трострука веза

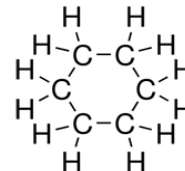
Угљеникови атоми могу се повезивати у отворене низове који могу бити разгранати и неразгранати. Осим отворених низова, угљеникови атоми могу градити и затворене низове који се називају прстенови или цикличне структуре.



неразгранат низ



разгранат низ



циклична структура

Због разноврсног начина на који се атоми угљеника могу повезати како међусобно тако и са другим атомима, број постојећих и новосинтетисаних органских једињења много је већи од броја неорганских једињења.

Већина органских супстанци сагорева при чему настају угљен-диоксид и вода. Већина органских једињења нерастворна је у води, а растворна у неполарним растварачима. У поређењу са неорганским супстанцама може се закључити да имају ниже температуре топљења.

**Табела 1:** Општа својства органских и неорганских једињења

Својства	Органска једињења	Неорганска једињења
Тип хемијске везе	ковалентна	јонска/ковалентна
Температура топљења*	ниска	висока
Растворљивост у води*	слабо растворна	добро се растварају
Растворљивост у неполарним растварачима*	добро се растварају	слабо растворна
Понашање при загревању	сагоревају до CO <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> O	топе се*

\*наведена својства органских и неорганских једињења се односе на већину, али не на сва једињења.

Слика 1 је преузета са: [https://sr.wikipedia.org/sr-ec/%D0%A4%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B8%D1%85\\_%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%80#/media/File:Friedrich\\_woehler.jpg](https://sr.wikipedia.org/sr-ec/%D0%A4%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B8%D1%85_%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%80#/media/File:Friedrich_woehler.jpg)

## Прилог 6 Текст на основу кога су снимљени аудио снимци (Увод у органску хемију)

---

<b>Први аудио снимак</b>	<p><b>Берцелијус:</b> Ја сам Берцелијус. Долазим из Шведске. Ја сам почетком 19. века дао назив <i>Органска хемија</i>. Дефинисао сам органску хемију као хемију биљних и животињских супстанци, или тела која настају под утицајем животне силе (<i>vis vitalis</i>).</p> <p><b>Велер:</b> Ја сам Велер и долазим из Немачке. Ја сам био први који је синтетисао органско једињење из неорганских. Био сам у стању створити мокраћу, а за то ми нису били потребни бубрези, чак ни живо биће.</p>
<b>Други аудио снимак</b>	<p><b>Берцелијус:</b> Поделио сам хемијска једињења у две класе: неорганска и органска. Неорганска су она која се загревањем топе а органска су она која загревањем горе.</p>
<b>Трећи аудио снимак</b>	<p><b>Лавоазје:</b> Ја сам Лавоазје и долазим из Француске. Називају ме оцем модерне хемије. Сећате се да сам ја био тај који је открио Закон одржања масе. Органске супстанце сам сагоревао у чистом кисеонику и одређивао сам садржај угљен-диоксида и воде, а одатле сам израчунао садржај угљеника и водоника у органским једињењима.</p>
<b>Четврти аудио снимак</b>	<p><b>Кекиле:</b> Ја сам Кекиле и долазим из Немачке. Ја сам још давне 1829. године дао прву представу о структури органских једињења. О мени ћете мало више говорити када будете учили о структури бензена. Сматрам да елементи имају непроменљиву валенцу и да је угљеник само четворовалентан.</p> <p><b>Купер:</b> Ја сам Купер и долазим из Шкотске. Открио сам да елементи имају променљиву валенцу и да угљеник има двојаку валенцу.</p>

---

## Прилог 7 Финални тест (Увод у органску хемију)

1. Допуни текст речима које недостају.

Назив органска хемија потиче из уверења да ова једињења могу да стварају само (а) \_\_\_\_\_. Сва органска једињења у свом саставу садрже атоме (б) \_\_\_\_\_ и готово увек атоме (в) \_\_\_\_\_. Нека садрже и атоме других елемената, на пример (г) \_\_\_\_\_. Данас постоји веома велики број органских једињења што је последица способности атома угљеника да се везују један за други стабилним (д) \_\_\_\_\_ везама. Атоми угљеника се могу међусобно везивати једноструким, (ђ) \_\_\_\_\_ и троструким ковалентним везама.

2. На линијама напиши формуле три неорганска једињења угљеника (два оксида и једне киселине) и одреди валенцу угљеника у сваком једињењу.

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

в) \_\_\_\_\_

3. На линији поред сваког описаног својства напиши број 1 ако то својство одговара већини неорганских једињења или број 2 ако то својство одговара већини органских једињења. Уколико својство одговара и неорганским и органским једињењима на линији напиши оба броја.

а) ниска температура топљења \_\_\_\_\_

б) висока температура топљења \_\_\_\_\_

в) ковалентне везе \_\_\_\_\_

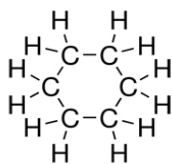
г) растворна у неполарним растварачима \_\_\_\_\_

д) производи сагоревања су  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  \_\_\_\_\_

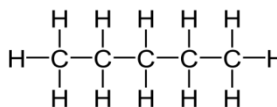
4. Предложи експеримент којим се може испитати разлика у својствима масти, која је према саставу смеша органских једињења, и натријум-хлорида који је неорганско једињење.

5. Опиши молекул, чија је структурна формула приказана, користећи следеће речи: органски молекул, неоргански молекул, отворен разгранати низ, отворен неразгранати низ, затворен прстен.

а)



б)



6. Попуни табелу:

	а)	б)	в)
Структурна формула			$\text{H}-\text{C} \equiv \text{C}-\text{H}$
1) Тип везе између атома угљеника			
2) Број електрона који учествује у грађењу везе између атома угљеника			
3) Број електронских парова које деле атоми угљеника			

7. Заокружи ДА ако је исказ тачан или НЕ ако је нетачан.

Уколико је исказ нетачан, на линији напиши како би гласио тачан исказ.

а) Органска једињења се не могу добити синтезом у лабораторији. ДА    НЕ

---

б) У органским једињењима угљеник је тровалентан. ДА    НЕ

---

в) Због разноврсног начина на који се атоми угљеника могу повезивати, број органских једињења много је већи од неорганских. ДА    НЕ

---

8. а) Како се назива прва теорија која је проучавала органска једињења?

б) Како су на основу ове теорије била дефинисана органска једињења?

**Прилог 8** Иницијални тест (Систематизација знања о својствима и примени гасова)

1. Попуни табелу писањем знака + у поља која одговарају својствима наведених гасова.

Супстанца	Подржава горење (реактант у реакцији оксидације)	Има већу густину од ваздуха
Кисеоник		
Угљен-диоксид		

2. Заокружи **ДА** ако је исказ тачан или **НЕ** ако је нетачан

- а) Угљен-моноксид се користи у производњи газираних пића. **ДА НЕ**
- б) Ваздух обогаћен кисеоником се даје особама са отежаним дисањем. **ДА НЕ**
- в) У води има раствореног кисеоника **ДА НЕ**
- г) У реакцији угљен-диоксида и воде настаје угљена киселина. **ДА НЕ**

3. На линији поред сваке једначине хемијске реакције напиши **С** ако једначина представља реакцију синтезе или **А** ако представља реакцију анализе.

- а)  $2\text{HgO} \rightarrow 2\text{Hg} + \text{O}_2$  \_\_\_\_\_
- б)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$  \_\_\_\_\_
- в)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  \_\_\_\_\_
- г)  $2\text{Hg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HgO}$  \_\_\_\_\_

4. Допуни следеће реченице тако да искази буду тачни:

У процесу фотосинтезе, биљке користе \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ како би произвеле храну и \_\_\_\_\_. Као извор енергије за синтезу хране биљке у процесу фотосинтезе користе \_\_\_\_\_.

## Прилог 9 Текст за историјски приступ (Систематизација знања о својствима и примени гасова)

### Џозеф Пристли (Joseph Priestly, 1733-1804)

#### Добијање и својства угљен-диоксида

Џозеф Пристли, рођен је 1733. године недалеко од града Лидс у Енглеској. Одгајен је по строгим правилима и школован за свештеника. Поред цркве у Лидсу, у којој је обављао свештенички позив, налазила се пивара што му је дало могућност да проучава мехуриће гаса који у обилним количинама настају у процесу производње пива. Пристли је палио комадиће дрвета, приносио их близу мехурића гаса и приметио да безбојан гас из каца гаси ужарено дрво. Пристли је сумњао да је то исти гас, који је петнаест година раније открио Џозеф Блек (Joseph Black, 1728-1799) грејањем кречњака (можда сте ову реакцију учили прошле године као пример реакције анализе,  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ). Реч је о угљеник(IV)-оксиду, тј. угљен-диоксиду. Пристли је уводио угљен-диоксид у воду и запазио да се делимично меша с њом, при чему настаје вода са мехурићима која је пријатног киселог укуса. Због тога се Пристли сматра заслужним за откриће сода воде. За ово откриће он је добио златну медаљу од Краљевског друштва, што је био његов први аматерски тријумф у науци.

1. Заокружи слово испред тачног одговора. Угљен-диоксид први је открио:

- а) Џозеф Блек
- б) Џозеф Пристли
- в) Хенри Кевендиш
- г) Дмитриј Иванович Менделеев

2. Заокружи слово испред тачног одговора. На основу ког својства гаса који настаје у процесу производње пива је Пристли посумњао да је реч о угљен-диоксиду?

- а) Зато што гас подржава горење.
- б) Зато што гас не подржава горење.
- в) Зато што гас нема боју.
- г) Зато што гас има мању густину од ваздуха.

3. Који гас се користи у производњи сода воде?

4. Напиши једначину хемијске реакције у којој настаје киселина од које потиче кисели укус сода воде.

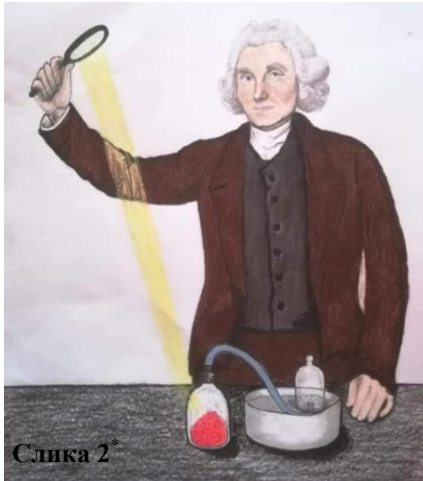
#### Добијање и својства кисеоника

Пристли је открио бројне гасове, нарочито када се досетио да их не хвата изнад воде (као што су до тада сви чинили) него изнад живе. То му је омогућило да сакупља гасове који се растварају у води. За сакупљање оних гасова који су слабо растворни у води, и даље је користио воду која је безбеднија, јефтинија и мање густине од живе. Део апаратуре у коме се гас хвата над водом приказан је на Слици 1. Цевчица која се види десно води ка делу апаратуре где се развија гас.



Слика 1

Када је Пристли загревао живу на ваздуху, на њеној површини настао је црвени прах, жива(II)-оксид ( $2\text{Hg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HgO}$ )

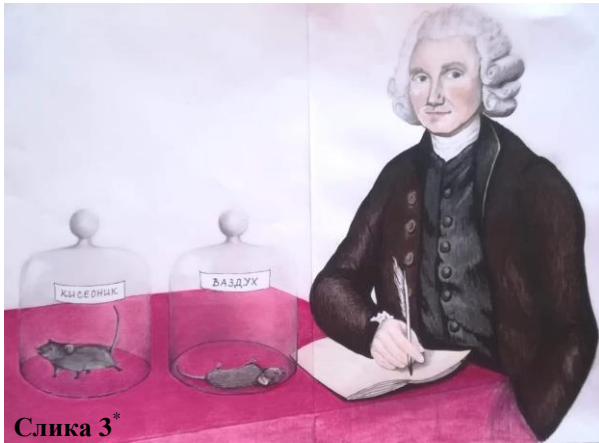


Слика 2\*

Пристли је изгребао црвени прах и ставио га у стаклену посуду коју је затворио. Садржај у посуду је загревао тако што је на њега усмерио зраке Сунца помоћу сочива. Помоћу цевчице се одводио гас који је настајао у стакленој посуду до стакленог звона постављеног у каду напуњену живом (Слика 2). Приликом загревања црвеног праха настала су два производа: жива (у стакленој посуду) и гас (сакупљен у звону). На тај начин, Пристли је 1. августа 1774. добио кисеоник.

5. Напиши једначину хемијске реакције у којој је Пристли добио кисеоник.
6. На линији напиши слово **С** ако је описана реакција синтезе или **А** ако је описана реакција анализе.
- а) Реакција у којој је Пристли добио дивалентни оксид живе загревањем елементарне живе на ваздуху је реакција \_\_\_\_\_.
- б) Реакција у којој је Пристли из жива(II)-оксида загревањем добио кисеоник и елементарну живу је реакција \_\_\_\_\_.
7. Да ли је Пристли у експерименту у коме је добио кисеоник за прикупљање кисеоника могао да користи воду уместо живе? Заокружи слово испред одговора с којим се слажеш.
- а) Да, јер се кисеоник добро раствара у води.
- б) Да, јер се кисеоник мало раствара у води.
- в) Не, јер се кисеоник добро раствара у води.
- г) Не, јер се кисеоник мало раствара у води.
- Свећа је горела у Пристлијевој лабораторији у близини добијеног гаса. Пристли се питао какав ефекат може имати добијени гас на пламен свеће. Извео је следећи експеримент: убацио је свећу која гори у теглу са гасом и затворио теглу. Посматрао је шта се дешава. Пламен се није угасио, напротив, свећа је сијала већим сјајем. Када је доста година касније говорио о овом свом експерименту, Пристли је рекао да вероватно не би ни дошао на идеју да уради експеримент да на столу поред добијеног гаса није горела свећа, и питао се какав би његов даљи научни рад био да није дошло до овог експеримента. Осим експеримента са свећом, Пристли је извео још неке експерименте с новим гасом како би проверио његов утицај на горење. У теглу с гасом убацио је комад ужареног дрвета и теглу затворио. Приметио је да ужарено дрво тада бурно плане.
8. Заокружи слово испред тачног одговора. Пристли је на основу резултата изведених огледа: уношења свеће која гори и комада ужареног дрвета у теглу у којој се налазио кисеоник закључио да:
- а) кисеоник подржава горење
- б) кисеоник не подржава горење
- в) кисеоник нема утицаја на горење





Слика 3\*

Пристли је помислио да је гас који је открио здрав и испитао је његов утицај на здравље мишева, а потом га је и сам удисао. Експеримент је поставио тако што је узео два миша приближне старости и масе и једног од њих ставио под стаклено звоно у коме се налазио нови гас (кисеоник), а другог под звоно у коме је био атмосферски ваздух. Стаклена звона била су једнаких запремина. Пристли је посматрао активност мишева (Слика 3). У кисеонику миш се активно кретао пола сата пре него што је

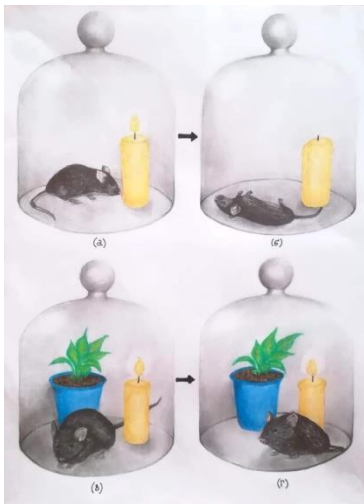
угинуо. Под звоном са атмосферским ваздухом миш је угнуо након 15 минута. Пристли је понављао експерименте са мишевима три пута и увек долазио до истог резултата. Након оваквих резултата, Пристли је био довољно храбар да удахне кисеоник након чега се осећао лагодно. Стога је он препоручио употребу овог гаса у медицини. Пристли се шалио да је нови гас луксуз и да су имали привилегију да га удишу само два миша и он.

9. Зашто је Пристли за поставку експеримента користио стаклена звона једнаких запремина и мишеве приближне масе и старости?

10. Заокружи слово испред тачног одговора. Миш који је дуже живео у Пристлијевим експериментима у односу на оног који је брже угнуо био је изложен већој концентрацији:

- а) азота
- б) кисеоника
- в) угљен-диоксида
- г) водоника

#### Фотосинтеза



Пристли је 1771. године дошао до закључка да је биљни свет пречишћивач природе, јер када су биљке биле смештене у затворене боце у којима су претходно дисале животиње, или је горела свећа, ваздух је убрзо постајао добар за дисање, а свећа је поново могла да гори у њему (Слика 4). Касније, 1778. године, Пристли је открио да водене биљке које расту у води која садржи растворени угљен-диоксид производе кисеоник. Пристли спада међу прве научнике који су ушли у траг процесу фотосинтезе. У почетку он није увиђао значај светлости у овом процесу, што се променило након што је био упознат са радом холандског научника (Jan Ingenhousz) који је показао да је светлост неопходна да би се фотосинтеза одвијала.

Слика 4\*

11. Допуни следеће реченице називом одговарајућег гаса тако да искази буду тачни.

Пристли је увидео да биљке "поправљају" ваздух тако што троше \_\_\_\_\_, а производе \_\_\_\_\_.

\* Цртеже припремила Катарина Живановић, мастер хемичар

## Прилог 10 Текст за савремени приступ (Систематизација знања о својствима и примени гасова)

### Угљеник(IV)-оксид



Газирани сокови представљају извор освежења за многе од нас. Шта је то што овим безалкохолним пићима даје кисели освежавајући укус и од чега потиче моштво мехурића у овим пићима? Тајна је у угљеник(IV)-оксиду, тј. угљен-диоксиду који се користи у процесу газирања сокова. Производња сокова може се поделити на следеће процесе: припрему раствора шећера, уклањање ваздуха из воде, додавање различитих супстанци (арома) које побољшавају укус пића, газирање и на крају паковање. Из воде се уклања ваздух како би се избегло да у контакту кисеоника из ваздуха и неке од супстанци (арома) које се користи у производњи сокова дође до хемијске реакције (реакције оксидације) што би довело до кварења укуса сока. Да би се сок газирао у воду се мора додати угљеник(IV)-оксид. Вода се хлади, а угљеник(IV)-оксид се раствара у води под високим притиском. Угљеник(IV)-оксид реагује са водом при чему настаје угљена киселина, која је нестабилна и брзо се разлаже на полазне супстанце. Због високог притиска под којим се врши газирање, приликом отварања боце са газираним пићем долази до шуштања и ослобађања мехурића угљеник(IV)-оксида.

1. Који гас се користи за производњу газираних сокова?
2. Напиши једначину хемијске реакције добијања киселине од које потиче кисели укус газираних пића.

За процес сагоревања неопходан је материјал који ће служити као гориво, кисеоник и топлота. Када се сагоревање догоди непланирано и када је ван контроле говоримо о пожару. Према врсти материјала који гори извршена је класификација пожара. Класификација је направљена како би они који гасе пожар знали које средство је погодно за гашење одређене врсте пожара као и да не би довели себе или друге у опасност приликом гашења пожара. Најчешће средство за гашење пожара јесте вода али она није погодна за гашење пожара насталих, на пример, у хемијској лабораторији или на електричним инсталацијама. У такве сврхе користе се средства као што су угљеник(IV)-оксид и различите врсте сувог праха. Стога се ова средства користе за пуњење противпожарних апарата. Због чега је угљеник(IV)-оксид погодан за гашење пожара? То је гас који не подржава горење, има већу густину од ваздуха, изолује пламен од околног ваздуха чиме спречава довод кисеоника који је неопходан за горење.



3. Заокружи слово испред тачног одговора. Који гас је неопходан како би се десило сагоревање?
  - а) азот
  - б) кисеоник
  - в) угљеник(IV)-оксид
  - г) хелијум
4. Заокружи слово испред тачног одговора. Који гас се користи за пуњење апарата за гашење пожара?

- а) угљеник(II)-оксид
- б) кисеоник
- в) угљеник(IV)-оксид
- г) азот

Угљеник(IV)-оксид се добија у различитим процесима. Један од њих је процес добијања негашеног креча из кречњака. Жарењем кречњака на високим температурама добија се негашени креч, који се даље користи у грађевинске сврхе, и угљеник(IV)-оксид. Једначина ове хемијске реакције вам је можда позната од прошле године,  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ .

5. Заокружи слово испред тачног одговора. Реакција жарења калцијум-карбоната је према типу хемијске реакције коме припада:

- а) реакција анализе
- б) реакција синтезе
- в) реакција оксидације

### Кисеоник

Кисеоник сачињава 21 % атмосферског ваздуха и чак 45 % земљине коре. Кисеоник је гас који се слабо раствара у води, али ипак довољно да би у води могао да опстане живи свет. Кисеоник се лабораторијски може добити из различитих једињења која га садрже: калијум-перманганата ( $\text{KMnO}_4$ ), водоник-пероксида ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), жива(II)-оксида ( $\text{HgO}$ ).

Коју примену има овај, за живи свет неопходан, гас? Кисеоник се користи у медицинске сврхе: као инхалационо средство за особе које имају проблеме са дисањем, у инкубаторима за бебе, у хипербаричним коморама у које се упућују пацијенти са проблемима система за циркулацију. Оно о чему се мора водити рачуна када је употреба кисеоника у питању јесте проценат чистог кисеоника који је оптималан за уношење у организам, јер прекомерна количина чистог кисеоника може имати агресивно дејство и изазвати различите реакције у организму које нису увек пожељне. Отуда брига о количини кисеоника којој се излажу бебе у инкубаторима.

6. Заокружи слово испред тачног одговора. Хемијске реакције у којима се може добити кисеоник из једињења која га садрже у свом саставу су реакције:

- а) анализе
- б) синтезе
- в) оксидације

7. Заокружи слово испред тачног одговора. Кисеоник се у води:

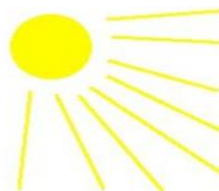
- а) потпуно раствара
- б) мало раствара, али довољно за опстанак живог света у води
- в) мало раствара, али недовољно за опстанак живог света у води
- г) уопште не раствара

8. Наведи примену кисеоника у медицинске сврхе.

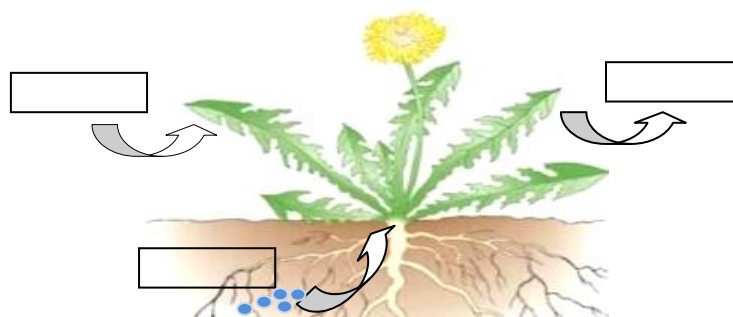
### Фотосинтеза

Фотосинтеза је важан биохемијски процес у коме биљке користе енергију сунчевог зрачења као извор енергије за синтезу хране из угљеник(IV)-оксида и воде. У процесу синтезе хране у присуству сунчеве светлости, биљке поред хране производе и кисеоник. Фотосинтеза је процес који је супротан дисању, у њој се троши угљеник(IV)-оксид а производи кисеоник. Отуда препорука, да преко дана треба боравити у просторијама у којима има биљака, док ноћу не треба спавати у просторији где има пуно биљака јер у одсуству светлости биљке не обављају фотосинтезу већ троше кисеоник како би разградиле храну коју су претходно направиле и на тај начин ослободиле енергију неопходну за њихов раст.

8. У правоугаонике на слици распореди формуле молекула: воде, угљеник(IV)-оксида и кисеоника тако да приказани процес одговара процесу фотосинтезе.



Процес фотосинтезе



## Прилог 11 Финални тест (Систематизација знања о својствима и примени гасова)

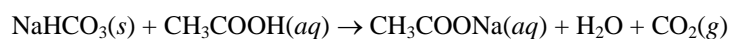
1.А Заокружи слово испред назива гаса на који се односи приказани знак упозорења:



- а) кисеоник
- б) угљен-диоксид
- в) азот

1.Б Објасни одговор.

2. Може ли се свећа угасити без дувања у њу? Размотри следећу ситуацију. У флашу се сипају три кашичице соде бикарбоне ( $\text{NaHCO}_3$ ) и дода сирће до петине запремине флаше. Долази до хемијске реакције (Слика 1) чија је хемијска једначина:



Када се реакција заврши, флаша се пажљиво нагне над свећу, али тако да се НЕ проспе садржај на дну флаше (Слика 2). Свећа се при томе гаси (Слика 3).



Слика 1

Слика 2

Слика 3

На основу наведеног описа огледа изведи два закључка.

Закључак А:

Закључак Б:

3. Предложи оглед којим би доказао/ла неко својство угљен-диоксида по сопственом избору.

Наведи својство  $\text{CO}_2$  за које имаш предлог огледа.

Напиши предлог огледа.

4. На флашама минералне негазиране и минералне газирание воде налазе се етикете са подацима о њиховом саставу. Део етикете са подацима о саставу сваке воде приказан је ниже.

натријум, $\text{Na}^+$
калијум, $\text{K}^+$
калцијум, $\text{Ca}^{2+}$
магнезијум, $\text{Mg}^{2+}$
гвожђе, $\text{Fe}^{2+/3+}$
бикарбонати, $\text{HCO}_3^-$
сулфати, $\text{SO}_4^{2-}$
хлориди, $\text{Cl}^-$
флуориди, $\text{F}^-$
Угљен-диоксид, $\text{CO}_2$

Етикета 1

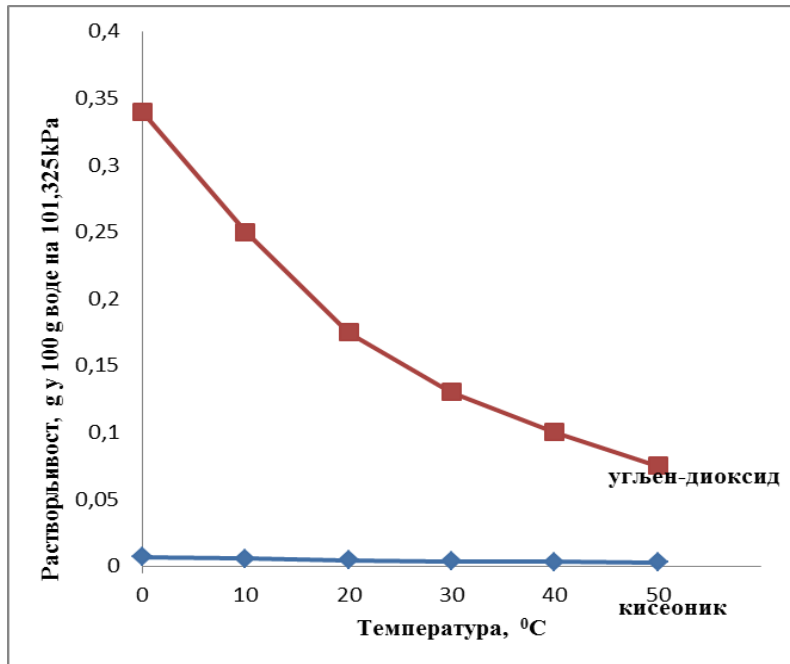
натријум, $\text{Na}^+$
калијум, $\text{K}^+$
калцијум, $\text{Ca}^{2+}$
магнезијум, $\text{Mg}^{2+}$
гвожђе, $\text{Fe}^{2+/3+}$
бикарбонати, $\text{HCO}_3^-$
сулфати, $\text{SO}_4^{2-}$
хлориди, $\text{Cl}^-$
флуориди, $\text{F}^-$

Етикета 2

А Број етикете која се налази на флаши газиране воде је \_\_\_\_\_.

Б Објасни одговор.

5. На графику је приказана растворљивост кисеоника и угљен-диоксида у води на различитим температурама и притиску од 101,325 kPa.



А Заокружи слово испред тачног одговора.

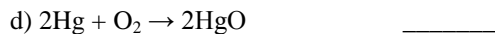
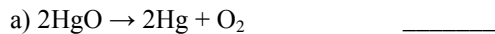
- Растворљивост гасова расте са порастом температуре растварача.
- Растворљивост гасова опада са порастом температуре растварача.
- Растворљивост гасова опада са смањењем температуре растварача.
- Растворљивост гасова се не мења са променом температуре растварача.

Б Заокружи слово испред тачног одговора.

- Растворљивост кисеоника у води на 20 °C је већа од растворљивости угљен-диоксида у води на истој температури.
- Растворљивост кисеоника у води на 20 °C је мања од растворљивости угљен-диоксида у води на истој температури.
- Растворљивост кисеоника у води на 20 °C једнака је растворљивости угљен-диоксида у води на истој температури.

6. Наведи једну примену кисеоника у медицинске сврхе.

7. На линији поред сваке једначине хемијске реакције напиши **С** ако једначина представља реакцију синтезе или **А** ако представља реакцију анализе.



8. Маја је код куће поставила следећи експеримент: преко водене биљке у акваријуму пажљиво је ставила ерленмајер напуњен водом тако да у ерленмајеру није остао ниједан мехур ваздуха (Слика 4). Након неког времена приметила је да се у ерленмајеру појавио мехур (Слика 5). Маја је одлучила да прати ту промену и уочила је да се временом мехур повећава (Слика 6).



Слика 4



Слика 5



Слика 6

**А** Заокружи слово испред тачног одговора. Шта чини мехур у горњем делу ерленмајера који је на почетку експеримента био испуњен водом?

а) ваздух

б) кисеоник

в) угљен-диоксид

г) хелијум

**Б** Објасни одговор.

**Прилог 12** Кодирање одговора на питања отвореног типа из финалног теста  
(Систематизација знања о својствима и примени гасова)

**Захтев**    **Питање је кодирано као тачно ако је ученик:**

- 1.Б**        Објаснио да приказани знак упозорења одговара кисеонику јер он учествује у процесу горења.
- 2.А**        Закључио да угљен-диоксид не подржава горење.
- 2.Б**        Закључио да угљен-диоксид има већу густину од ваздуха.
- 3.**         Предложио одговарајући оглед којим би доказао наведено својство.
- 4.Б**        Објаснио да у састав минералне газиране воде улази угљен-диоксид.
- 6.**         Навео било коју употребу кисеоника у медицинске сврхе (на пример, као инхалационо средство, у хипербаричним коморама, у инкубаторима за бебе).
- 8.**         Објаснио да водене биљке у процесу фотосинтезе производе кисеоник.



## Прилог 13 Тест (Закон одржања масе)

### Антоан-Лаурен Лавоазје (Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743 - 1794)



Лавоазје је француски научник, који се сматра оснивачем модерне хемије. Он је увео квантитативна мерења у хемију. Прецизна вага била је његов главни инструмент. Многи његови експерименти су извођени у затвореним стакленим посудама одакле супстанца није могла изаћи нити у њу ући. Он је употребљавао прецизне теразиије које су могле да измере врло мале промене у маси током експеримената и пажљиво је мерио реактанте и производе хемијске реакције. Лавоазје је мерења изводио у подруму опсерваторије у коме је температура ваздуха била стална.

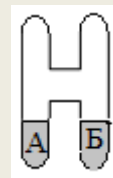
Лавоазје је 1774. године извео следећи експеримент: у затвореној посуди са ваздухом загревао је калај. Запазио је да се у почетку на површини метала стварала супстанца, која је у то време била називана кречом. Данас знамо да је реч о слоју оксида. Лавоазје је измерио суд заједно са металом, оксидом метала и остатком ваздуха. Он је запазио да се формирала нова супстанца али да је маса посуде и њеног садржаја остала непромењена. Када је измерио масу новонастале чврсте супстанце, открио је да је њена маса већа у односу на масу калаја пре загревања. Из тих података је закључио да је метал реаговао са ваздухом из посуде. У експериментима сагоревања фосфора и сумпора, Лавоазје је показао да се маса производа повећава због сједињавања са ваздухом. На основу ових експеримената, Лавоазје је закључио да је ваздух смеша гасова, од којих је један реаговао са елементима који су сагоревани. Лавоазјеови налази указали су да укупна маса супстанци које учествују у хемијској реакцији остаје иста пре и после реакције. Лавоазје је установио *Закон одржања масе* и хемија је тако, на основу пажљивих мерења, постала егзактна наука.

1. Замислите да сте Лавоазје и да сте извели експерименте поменуте у тексту. На основу описаних експерименталних резултата предложите формулацију Закона одржања масе.
2. Због чега је важно да, уколико се приликом извођења неког експеримента врши неколико мерења, она буду изведена на истој ваги и при истим условима?

### Ханс Хенри Ландолт (Hans Heinrich Landolt, 1831 - 1910)



Лавоазјеови савременици имали су тешкоћа у доказивању Закона одржања масе. Главни проблем је био повезан са детектовањем и мерењем свих реактаната и производа. Посебно је било тешко учити и измерити масу гасовитих реактаната или производа.



Слика 1

Ландолт је немачки хемичар. Рођен је у Цириху у Швајцарској. Он је експериментално потврдио Закон одржања масе, скоро 100 година касније од његовог открића, користећи стаклену цев у облику ћириличног слова Н (Слика 1). Он је сипао раствор сребро-нитрата у крак А и хлороводоничну киселину у крак Б. Цев је херметички затворио и измерио пре него што је дошло до

хемијске реакције. Окренуо је цев, промућкао њен садржај и тако су се реактанти помешали. Формирао се талог сребро-хлорида беле боје. Ландолт је поново измерио цев и запазио да је укупна маса остала непромењена.

3. Шта је представљало проблем у експерименталном доказивању Закона одржања масе?
4. Зашто је Ландолт користио херметички затворену цев у облику слова Н за верификовање Закона одржања масе?

Пет ученика основне школе, Никола, Ана, Марија, Јован и Катарина су прочитали текст о Лавоазјеовом раду и његовом открићу Закона одржања масе. Они су желели да експериментално провере важење закона.

Никола је желео да експериментише са новим ексером. Он је измерио и забележио масу ексера. Никола је оставио ексер напољу, током неколико кишних дана. Када је поново узео ексер, запазио је да је његова површина прекривена слојем рђе. Никола је потом измерио масу зарђалог ексера на истој ваги.

- 5.А Заокружи слово испред тачног одговора. Маса зарђалог ексера у односу на масу коју је ексер имао пре формирања слоја рђе на његовој површини је:
- а) већа    б) мања    в) једнака
- 5.Б Заокружи слово испред тачног одговора. Да ли експеримент који је Никола извео потврђује важење Лавоазјеовог Закона одржања масе, након више од 200 година од његовог открића?
- а) ДА                      б) НЕ
- 5.В Објасни одговор.

Ана је измерила масу свеће и забележила је (Слика 2). Онда је упалила свећу и оставила је да гори неко време (Слика 3). Затим је Ана угасила свећу и поново измерила њену масу (Слика 4).



Слика 2



Слика 3



Слика 4

- 6.А Заокружи слово испред тачног одговора. Маса коју показује вага на Слици 4 је у поређењу са масом коју показује вага на Слици 2
- а) већа    б) мања    в) једнака

Поставка експеримента који је извела Марија приказана је на Сликама 5 и 6. Она је мерила масу свеће која гори покривену теглом и масу угашене свеће под теглом, након горења.



Слика 5



Слика 6

**6.Б** Због чега се свећа под теглом гаси?

**6.В** Заокружи слово испред тачног одговора. Маса коју показује вага на Слици 6 је у поређењу са масом коју показује вага на Слици 5

- а) већа      б) мања      в) једнака

**6.Г** Објасни резултате Аниног и Маријиног експеримента.

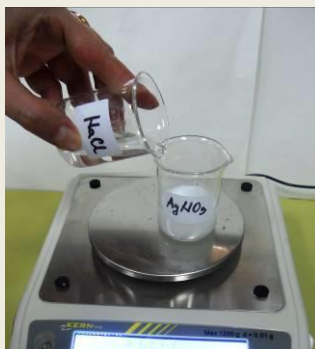
Јован је на вагу ставио теглу са раствором  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Мању теглу са свећом је спустио у теглу у којој се налазио поменути раствор (врх мање тегле је био изнад нивоа раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  у већој тегли). Свећу је упалио, а већу теглу затворио поклопцем.

**7.А** Заокружи слово испред тачног одговора. Коју вредност масе ће вага показати након неког времена?

- а) Вага ће показати мању масу зато што се свећа смањује услед хемијске промене.  
б) Вага ће показати мању масу зато што се свећа топи.  
в) Вага ће показати већу масу зато што се формира талог.  
г) Вага ће показати исту масу као на почетку експеримента.

**7.Б.** Шта Јован може да закључи о важењу Закона одржања масе на основу изведеног експеримента?

Поставка Катарининог експеримента је приказана на Слици 7.



Слика 7

---

8.А Шта доказује да се десила хемијска реакција?

8.Б Заокружи слово испред тачног одговора. Маса реакционих производа је у односу на масу реактаната:

- а) већа    б) мања    в) једнака

8.В Објасни одговор.

---

**Михаил Васиљевич Ломоносов (Михајл Васиљевич Ломоносов, 1711 - 1765)**



Ломоносов је био руски писац и научник. Он је постављао хипотезе у вези са структуром супстанце, природом сагоревања и топлотом. Ломоносов је у свом раду дао велики значај квантитативним мерењима и имао је идеју о одржању масе у хемијским реакцијама.

Идеју о одржању масе исказао је на следећи начин: *"Све промене у природи су такве да уколико се нешто узима на једној страни, то се додаје на другој. Тако, уколико количина супстанце опада на једном месту, она расте на другом."*

Закон одржања масе подразумева да се материја не може ни створити ни уништити, тако да број и врста атома морају бити једнаки пре и после хемијске реакције.

9. Шта је главна идеја Ломоносовљеве формулације Закона одржања масе?

10. Шумски пожари представљају велики еколошки проблем. Маса пепела, који заостаје након шумских пожара, мања је од масе дрвећа. Да ли Закон одржања масе важи у овој ситуацији? Објасни одговор.

Слике научника су преузете са следећих адреса:

Антоан-Лаурен Лавоазје:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM\\_V58\\_D122\\_Lavoisier\\_monument\\_in\\_paris.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V58_D122_Lavoisier_monument_in_paris.png)

Ханс Хенри Ландолт:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Heinrich\\_Landolt#/media/File:Hans\\_Heinrich\\_Landolt\\_02.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Hans_Heinrich_Landolt#/media/File:Hans_Heinrich_Landolt_02.jpg)

Михаил Васиљевич Ломоносов:

[https://sl.wikipedia.org/wiki/Mihail\\_Vasiljevi%C4%8D\\_Lomonosov#/media/File:M.V.\\_Lomonosov\\_by\\_L.Miropolskiy\\_after\\_G.C.Prenner\\_\(1787,\\_RAN\).jpg](https://sl.wikipedia.org/wiki/Mihail_Vasiljevi%C4%8D_Lomonosov#/media/File:M.V._Lomonosov_by_L.Miropolskiy_after_G.C.Prenner_(1787,_RAN).jpg)

## Прилог 14 Принципи кодирања одговора на питања отвореног типа у тесту (Закон одржања масе)

**Захтев**    **Захтев је кодиран као тачан уколико је ученик:**

1.        Навео да је укупна маса супстанци иста пре и после хемијске реакције.
2.        Објаснио важност мерења масе на истој ваги и под истим условима. Потпуно тачан одговор укључује разматрање важности коришћења исте ваге али и осталих једнаких услова како би се добили тачни и прецизни резултати мерења масе. Ако је ученик у свој одговор укључио само један од ова два утицаја, такав одговор је кодиран као делимично тачан.
3.        Објаснио проблеме које су научници имали у доказивању Закона одржања масе у вези са немогућношћу да детектују и измере гасовите реактанте или продукте у хемијској реакцији.
4.        Објаснио да облик херметички затворене цеви омогућава мерење укупне масе реактаната, раздвојених у краковима, и укупне масе производа хемијске реакције након што се супстанце помешају.
- 5.В      Исправно објаснио одговоре изабране на захтевима 5.А и 5.Б. Коректно објашњење указује на реакцију ексера са кисеоником из ваздуха и пораст масе ексера.
- 6.Б      Објаснио горење свеће која је покривена теглом. Исправно објашњење указује на смањивање концентрације кисеоника и пораст концентрације угљен-диоксида унутар тегле током горења, што доводи до гашења свеће.
- 6.Г      Пружио потпуно објашњење резултата експеримената које су извеле Ана и Марија. Потпуно објашњење открива узрок разлике између Аниних и Маријиних резултата (мерење масе свеће која гори у отвореном и затвореном систему).
- 7.Б      Донео исправан закључак о валидности Закона одржања масе на основу Јовановог експеримента у затвореном систему.
- 8.А      Навео формирање талоба као показатељ да се одиграла хемијска реакција.
- 8.В      Објаснио коректно изабран одговор на захтев 8Б. Коректно објашњење гласи да је укупна маса два раствора на почетку експеримента једнака укупној маси смеше са талобом након мешања раствора.
9.        Објаснио да Закон одржања масе подразумева да материја не може бити нити створена нити уништена.
10.      Објаснио да је маса дрвета и кисеоника пре шумских пожара једнака збиру масе пепела и ослобођених гасова током горења.

# Биографија

Весна Д. Милановић рођена је 1. марта 1989. године у Београду. Основну школу и гимназију завршила је у Аранђеловцу. Основне академске студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду, студијски програм *Професор хемије*, уписала је 2008. године, а завршила 2012. са просечном оценом 9,62. Добитник је дипломе Хемијског факултета за најбољег студента студијског програма *Професор хемије* и признања Српског хемијског друштва за успех током студирања. Мастер академске студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду, студијски програм *Хемија*, завршила је 2013. године са просечном оценом 10. Исте године уписала је докторске академске студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду, студијски програм *Хемија*, ужа научна област *Настава хемије*. Положила је све програмом предвиђене испите са оценом 10.

Од новембра 2013. до марта 2015. била је запослена као *истраживач приправник* у Иновационом центру Хемијског факултета, када је изабрана у звање *асистента за ужу научну област Настава хемије* на Хемијском факултету Универзитета у Београду. Укључена је у реализацију вежби из курсева методике наставе хемије, школских огледа у настави хемије и школске праксе. Ангажована је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја *Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерациске перспективе* (179048). Члан је Српског хемијског друштва, EuCheMS Working party on history of chemistry и EuCheMS Division of Chemical Education.

Коаутор је 9 научних радова, 18 саопштења са међународних и националних скупова, два предавања по позиву са националног скупа, две публикације за основну школу и коуредник једног зборника саопштења. Од тога су из дисертације проистекла три рада, три саопштења и два предавања (референце 1, 4, 7, 10, 19, 22, 23, 27).

## Списак радова и саопштења

### *Радови у међународним часописима*

#### **M21**

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. doi: 10.1039/C7RP00027H

#### **M22**

2. Jasna Marjanovic Trajkovic, Vesna Milanovic, Zorana Ferjancic and Radomir N. Saicic (2017). On the asymmetric induction in proline-catalyzed aldol reactions: Reagent-controlled additions of 2,2-dimethyl-1,3-dioxane-5-one to acyclic chiral  $\alpha$ -branched aldehydes. *European Journal of Organic Chemistry*, 2017(41), 6146-6153. doi: 10.1002/ejoc.201701073

#### **M23**

3. Dragica D. Trivic and Vesna D. Milanovic (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

4. 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>

5. Vesna D. Milanovic, Dragica D. Trivic and Biljana I. Tomasevic (2015). Secondary-school chemistry textbooks in the 19<sup>th</sup> century. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 80(10), 1321-1338.

doi: 10.2298/JSC140926052M

*Радови у националним часописима међународног значаја*

**M24**

6. Dragica D. Trivić, Vesna D. Milanović i Jasmina Šefer (2018). Postignuća učenika u oblasti hemije prema indikatorima za stvaralaštvo u obrazovnoj paradigmi Trojist. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, 50(1), 50-71.  
doi: 10.2298/ZIPI1801050T

*Радови у националним часописима*

**M51**

7. 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.

**M53**

8. Dragica Trivić, Vesna Milanović, Aleksandar Đorđević i Predrag Bukara (2016). Neka viđenja osmaka, najboljih u hemiji 2014/15. godine i viđenja njihovih nastavnika. *Hemijski pregled*, 57(2), 45-49.
9. Vesna D. Milanović (2014). 50 godina od smrti Pante S. Tutundžića, osnivača elektrohemije u Srbiji. *Hemijski pregled*, 55(1), 2-3.

*Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34)*

10. Vesna D. Milanovic and Dragica D. Trivic (2018). Students' Argumentation Skills Expressed in the Context of the History of Chemistry. *14<sup>th</sup> European Conference on Research in Chemical Education book of abstracts*, 2<sup>nd</sup> - 6<sup>th</sup> September 2018, Warsaw, Poland, 57.
11. Dragica D. Trivic and Vesna D. Milanovic (2018). Convergent - Divergent Thinking of Primary and Secondary School Students Associated with Open-Ended Chemistry Problems. *14<sup>th</sup> European Conference on Research in Chemical Education book of abstracts*, 2<sup>nd</sup> - 6<sup>th</sup> September 2018, Warsaw, Poland, 81.
12. Vesna D. Milanovic and Dragica D. Trivic (2017). Mita Petrović's chemistry textbook as a framework for learning chemistry in secondary schools in Serbia in the



19<sup>th</sup> century. *10<sup>th</sup> International Conference on the History of Chemistry book of abstracts*, 28<sup>th</sup> August - 2<sup>nd</sup> September 2017, Trondheim, Norway, 41, ISBN 978-82-7923-079-3.

13. Dragica D. Trivic, Vesna D. Milanovic and Milanka Dzinovic (2017). Guests of the chemistry didactics classes - a step towards planning interdisciplinary topics. *7<sup>th</sup> EuroVariety book of abstracts*, 28<sup>th</sup> - 30<sup>th</sup> June 2017, Belgrade, Serbia, 108, ISBN 978-86-7132-065-8.

14. Dragica D. Trivic, Biljana I. Tomasevic and Vesna D. Milanovic (2017). Formative and summative assessment in the programme for professional development of chemistry teachers. *7<sup>th</sup> EuroVariety book of abstracts*, 28<sup>th</sup> - 30<sup>th</sup> June 2017, Belgrade, Serbia, 110, ISBN 978-86-7132-065-8.

15. Aleksandar M. Đorđević, Dragica D. Trivic and Vesna D. Milanovic (2017). Chemistry knowledge structure - views of chemistry teachers. *7<sup>th</sup> EuroVariety book of abstracts*, 28<sup>th</sup> - 30<sup>th</sup> June 2017, Belgrade, Serbia, 115, ISBN 978-86-7132-065-8.

16. Dragica D. Trivic and Vesna D. Milanovic (2017). History of chemistry in the pre-service chemistry teachers education. *7<sup>th</sup> EuroVariety book of abstracts*, 28<sup>th</sup> - 30<sup>th</sup> June 2017, Belgrade, Serbia, 132, ISBN 978-86-7132-065-8.

17. Dragica D. Trivic, Biljana I. Tomasevic and Vesna D. Milanovic (2017). Hemijska pismenost učitelja - edukativna radionica o strukturi supstanci. *Međunarodni naučni skup - Problemi i dileme savremene nastave u teoriji i praksi - zbornik rezimea*, 26-27. maj 2017, Arandelovac, Srbija, 109, ISBN 978-86-7849-240-2.

18. Dragica D. Trivic and Vesna D. Milanovic (2016). Pneumatic chemistry - context and contents for contemporary chemistry education. *Book of abstracts of the 3<sup>rd</sup> Croatian Workshop on Chemical Education*, 2<sup>nd</sup> - 5<sup>th</sup> November 2016, Split, Croatia, 19-20.

19. 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 13<sup>th</sup>*

*European Conference on Research in Chemical Education*, 7<sup>th</sup> - 10<sup>th</sup> September 2016, Barcelona, Spain, 145.

20. Vesna D. Milanovic and Dragica D. Trivic (2015). Sima Lozanic as the writer of textbook: Chemistry for secondary schools. *the 10<sup>th</sup> International Conference on the History of Chemistry Conference Handbook*, 9<sup>th</sup> - 12<sup>th</sup> September 2015, Aveiro, Portugal, 72, ISBN 978-972-789-457-4.

21. Dragica Trivic and Vesna Milanovic (2015). Development of chemistry teacher's competencies related to assessment of scientific reasoning. *the 6<sup>th</sup> Eurovariety in Chemistry Education Book of abstracts*, 30<sup>th</sup> June - 2<sup>nd</sup> July 2015, Tartu, Estonia, 22-23, ISBN 978-9949-9654-2-7.

***Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у изводу (M62)***

22. 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.

23. 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 целини (M63)***

24. Dragica Trivić, Biljana Tomašević i Vesna Milanović (2015). Znanje i stavovi nastavnika hemije o nastavnim programima hemije. *Zbornik radova: Doprinos istraživačkih nalaza razvoju obrazovnih politika, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja*, 20. februar 2015, Beograd, 89-93, ISBN 978-86-7452-053-6.

***Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу (M64)***

25. Dragica D. Trivić i Vesna D. Milanović (2017). Principi, osnovni pojmovi ili velike ideje u nastavi hemije. *Aprilski dani o nastavi hemije*, 27-28. april 2017, Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, 24.

26. Dragica Trivić i Vesna Milanović (2016). Doprinos predmeta istorija hemije razvoju pedagoškog znanja sadržaja budućih nastavnika hemije. *Knjiga rezimea II didaktičke konferencije predmetne didaktike - putokazi za unapređenje nastave*, 18. jun 2016, Beograd, 35, ISBN 978-86-918423-2-1.

27. Vesna D. Milanovic i Dragica D. Trivic (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.

28. Aleksandar M. Đorđević, Vesna D. Milanović i Dragica D. Trivić (2014). Vaspitni deo nastave hemije. *Knjiga apstrakata Drugog naučnog simpozijuma sa međunarodnim učešćem: Teorija i praksa nauke u društvu: izazovi i perspektive*, 6-7. novembar 2014, Beograd, 51, ISBN 978-86-7220-064-5.

29. Vesna D. Milanović, Aleksandar M. Đorđević i Milena R. Tošić (2014). Muzej hemije - doprinos hemijskoj pismenosti. *51. Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Program i kratki izvodi radova*, 5-7. jun 2014, Niš, 116, ISBN 978-86-7132-054-2.

#### ***Уређивање зборника саопштења скупа националног значаја (М66)***

30. Dragica Trivić i Vesna Milanović (2018). *Aprilski dani o nastavi hemije - 29. Stručno usavršavanje za nastavnike hemije i 2. Konferencija metodike nastave hemije*. 26-27. april 2018, Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, 1-28.

#### ***Остале публикације***

31. Vesna Milanović, Lidija Milanović i Vasilije Planić (2015). *Hemija, zbirka zadataka za završni ispit u osnovnom obrazovanju*. Klett, Beograd, ISBN: 978-86-7762-659-4.

32. Vasilije Planić, Katarina Vučković i Vesna Milanović (2013). *Nastvne situacije za nastavu hemije u osnovnoj školi (CD)*. Klett, Beograd.

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Весна Д. Милановић

Број индекса ДХ20/2013

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Историја хемије као контекст за учење хемијских појмова и испитивање ученичких постигнућа

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршила ауторска права и користила интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, 01.04.2019.

---

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Весна Д. Милановић

Број индекса ДХ20/2013

Студијски програм Хемија

Наслов рада Историја хемије као контекст за учење хемијских појмова и испитивање ученичких постигнућа

Ментор др Драгица Тривић, ванредни професор Хемијског факултета Универзитета у Београду

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предала ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, 01.04.2019.

---

### Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Историја хемије као контекст за учење хемијских појмова и испитивање ученичких постигнућа

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучила.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- ③ Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.  
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, 01.04.2019.

---

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прераде.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прераде.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.