

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

Милош С. Козић

**ЕФЕКТИ НАСТАВЕ И УЧЕЊА ХЕМИЈЕ У
ОСНОВНОЈ ШКОЛИ У КОНТЕКСТУ
ИНДУСТРИЈСКИХ ПРОИЗВОДНИХ
ПРОЦЕСА**

Докторска дисертација

Београд, 2026

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF CHEMISTRY

Miloš S. Kozić

**THE EFFECTS OF TEACHING AND
LEARNING CHEMISTRY IN PRIMARY
SCHOOL IN THE CONTEXT OF INDUSTRIAL
PRODUCTION PROCESS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2026

Ментор:

Др Драгица Тривић, редовни професор
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Чланови Комисије:

Др Весна Милановић Маштраповић, доцент
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Др Драгица Тривић, редовни професор
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Др Ксенија Стојановић, редовни професор
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Др Слађана Анђелковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Географски
факултет

Др Александар Ђорђевић, научни сарадник
Институт за општу и физичку хемију

Датум одбране: _____

Захвалница

Ова докторска дисертација је урађена при Катедри за наставу хемије Универзитета у Београду – Хемијског факултета, где сам у подстицајном академском окружењу значајно унапредио своје педагошке компетенције.

Захваљујем свима који су својом помоћи и поверењем допринели да успешно приведем крају ову фазу свог школовања. Без ваше подршке израда ове докторске дисертације не би била могућа.

Неизмерну захвалност дугујем својој менторки, др Драгици Тривић, редовној професорки Универзитета у Београду – Хемијског факултета, на указаном поверењу и посвећености током свих година нашег заједничког рада. Захваљујем јој на пренетом знању, пажљиво одабраној теми коју сам са задовољством истраживао, као и на стрпљењу, разумевању и несебичној подршци у свим фазама мог академског развоја. Њени савети, мудрост и искреност били су ми више од стручне подршке – представљали су ослонац и снажну мотивацију у тренуцима изазова и сумње. Посебно сам јој захвалан на вери у мене, мој рад и потенцијал, чак и онда када ни сам нисам имао самопоуздања.

Посебну захвалност упућујем и др Весни Милановић Маштраповић, доценткињи Универзитета у Београду – Хемијског факултета, и др Александру Ђорђевићу, научном сараднику на Институту за општу и физичку хемију, за њихову пријатељску подршку, интересовање за мој рад, корисне савете и стрпљивост у одговарању на сва моја питања. Велико ми је задовољство што сам имао прилику да завршим ову докторску дисертацију уз њихову подршку, а посебна част што сада учествују као чланови комисије за њену одбрану.

Велику захвалност дугујем др Ксенији Стојановић, редовној професорки Универзитета у Београду – Хемијског факултета и др Слађани Анђелковић, редовној професорки Универзитета у Београду – Географског факултета, за бројне и изузетно корисне савете који су допринели да ова докторска дисертација достигне свој пун потенцијал. Посебно ценим знања из области Индустијске и примењене хемије, као и Педагогије, која су ми пренеле, а која су била значајна подршка како у реализацији истраживања, тако и у мом професионалном развоју.

Велику захвалност дугујем и др Денију Мазрекају, доценту социологије образовања на Универзитету у Утрехту и придруженом истраживачу на Универзитету у Оксфорду, на интересовању за мој рад, конструктивним сугестијама из области социологије образовања и статистике, а пре свега на дугогодишњем пријатељству које нас повезује још од детињства.

Искрену захвалност упућујем Јасмини Арсенијевић Мијалковић, професорки енглеског језика на Универзитету у Београду – Хемијском факултету, за све корисне сугестије и помоћ при адаптацији чланака насталих из ове докторске дисертације на енглески језик.

Хвала мојој наставници хемије Драгици Крвавац, која ми је пренела љубав према хемији и отворила врата ка највећој лабораторији – природи. Захваљујући њој, и данас са истом знатижељом учим и откривам хемијске феномене, а ту радозналост и љубав преносим и на своје ученике. Њен утицај остаје трајна инспирација у мом раду.

Захваљујем се свим пријатељима и колегама, као и колективу ОШ „Уједињене нације“, који су дали свој допринос и пружали ми моралну подршку током израде ове дисертације.

Хвала свим ученицима и наставницима који су учествовали у истраживањима експерименталног дела ове докторске дисертације и тиме пружили несебичну подршку за истраживање ове теме.

На крају, захваљујем се својој породици на стрпљењу, бескрајној љубави и непрестаној подршци, која ми је омогућила да корачам путем успеха у свему што радим.

Ову докторску дисертацију, у знак сећања на прошлост, посвећујем онима који више нису међу нама, за њихову безрезервну веру и непоколебљиву подршку.

*С поштовањем,
Милош С. Козић*

Наслов докторске дисертације:

Ефекти наставе и учења хемије у основној школи у контексту индустријских производних процеса

Сажетак:

У оквиру докторске дисертације спроведено је пет истраживања која испитују ефекте учења хемије у контексту индустријских производних процеса. Три експериментална истраживања реализована су са ученицима, а два дескриптивна са наставницима и ученицима. Циљ је био да се утврди да ли учење у наведеном контексту доприноси бољем разумевању хемијских појмова, развоју критичког мишљења и перципираној релевантности садржаја. Прво експериментално истраживање са паралелним групама ученика седмог разреда односило се на тему *Вода и њен значај за живи свет*. Једна група је разматрала садржаје теме кроз активности у учионици, а друга у оквиру посете водоводу. У другом истраживању са једном групом испитаника осмог разреда испитани су ефекти учења на мрежи о преради воћа и производњи воћног сока коришћењем алата Padlet. Треће експериментално истраживање са паралелним групама односило се на процес производње и пречишћавања воде, са фокусом на развој критичког мишљења ученика осмог разреда, учењем на мрежи помоћу алата Genially. За потребе истраживања конструисани су различити текстуални и мултимедијални прилози за учење, као и тестови и упитници за прикупљање података о предзнању ученика и ефектима приступа на знање и ставове ученика. Резултати показују да контекст индустријских процеса значајно унапређује разумевање наставних садржаја, мотивацију за учење и развој критичког мишљења. Наставници препознају потенцијал таквог приступа, али га недовољно примењују. Индустријске посете и интеракција са експертима позитивно утичу на интересовање и перцепцију релевантности садржаја код ученика. Импликације на основу добијених резултата су извођење индустријских посета, разговор са експертима и примена контекста индустријске производње у оквиру Web 2.0 алата у настави хемије у основној школи.

Кључне речи: хемијско образовање, концепти хемије, индустријска и примењена хемија, индустријски производни процес, учење засновано на контексту, Web 2.0 алати, критичко мишљење, тринаестогодишњаци, четрнаестогодишњаци.

Научна област: Хемија

Ужа научна област: Настава хемије

Title:

The effects of teaching and learning chemistry in primary school in the context of industrial production process

Abstract:

This doctoral dissertation reports on five studies examining the effects of learning chemistry in the context of industrial production processes. Three quasi-experimental studies were conducted with students, while two descriptive studies involved both teachers and students. The aim was to determine whether a context-based approach improves students' understanding of chemical concepts, encourages critical thinking, and increases the perceived relevance of chemistry content. The first quasi-experimental study with parallel groups of seventh-grade students focused on the topic *Water and Its Importance for Living Systems*, comparing classroom-based learning with a field visit to a water treatment facility. The second study, conducted with a single group of eighth-grade students, examined the effects of online learning about fruit processing and juice production using Padlet. The third quasi-experimental study, also with parallel groups, addressed water production and purification, focusing on the development of critical thinking through online learning supported by Genially. Textual and multimedia materials, as well as tests and questionnaires, were developed to assess prior knowledge, learning outcomes, and attitudes. The findings indicate that learning in the context of industrial processes improves conceptual understanding, motivation, and critical thinking. Teachers recognize its potential but apply it insufficiently. Industrial visits and expert interaction positively influence students' interest and perceived relevance of chemistry content. The study emphasises the importance of integrating industrial contexts and Web 2.0 tools into primary school chemistry teaching.

Key words: chemistry, chemistry education, chemistry concepts, context-based learning, industrial production process, digital learning platforms, critical thinking, 13-year-olds, 14-year-olds.

Scientific field: Chemistry

Specific subfield: Chemical education

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ	3
2.1. Компетенције младих за 21. век	3
2.2. Развој критичког мишљења у настави и учењу природних наука	3
2.3. Научна писменост	4
2.3.1. Значај и место научне писмености у образовању	5
2.3.2. Праћење и вредновање научне писмености.....	7
2.3.3. Постигнућа ученика из Србије у области научне писмености	9
2.3.4. Хемијска писменост. Категорије и показатељи хемијске писмености	12
2.4. Дидактички модели у хемијском образовању	13
2.4.1. Модели садржаја	13
2.4.2. Модели релевантности.....	15
2.5. Учење и поучавање у контексту	17
2.5.1. Контекстуални приступ у настави природних наука.....	18
2.5.2. Контекстуални приступ у настави хемије.....	19
2.6. Индустрија и индустријски производни процеси	20
2.6.1. Учење хемије током индустријске посете	21
2.6.2. Организација индустријске посете	25
2.6.3. Предности и изазови индустријске посете	31
2.7. Онлајн настава – изазови и перспективе учења на мрежи.....	33
2.7.1. Хибридна настава	33
2.7.2. Употреба Web 2.0 технологија у настави хемије	35
2.7.3. Учење на даљину у мултимедијалном виртуалном окружењу.....	42
2.7.4. Теорија когнитивног оптерећења	42
2.7.5. Теорија когнитивног мултимедијалног учења	44
2.7.6. Дизајн наставних материјала за учење о индустријски производним процесима.....	46
2.7.7. Наставни филм – визуелни контекст за учење хемије.....	52
3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА	55
3.1. Методологија дескриптивног истраживања са наставницима	55
3.1.1. Предмет, циљ и организација дескриптивног истраживања са наставницима	55
3.1.2. Инструмент истраживања.....	55
3.1.3. Узорак истраживања	56
3.2. Методологија дескриптивног истраживања са ученицима.....	57
3.2.1. Предмет, циљ и организација дескриптивног истраживања са ученицима	57
3.2.2. Инструмент истраживања.....	57
3.2.3. Узорак истраживања	58
3.3. Методологија квази-експерименталног истраживања ефеката индустријске посете водоводу.....	58
3.3.1. Предмет, циљ и организација квази-експерименталног истраживања са ученицима	58
3.3.2. Узорак истраживања	60
3.3.3. Инструмент истраживања.....	60
3.4. Методологија квази-експерименталног истраживања, с једном групом испитаника, ефеката учења на мрежи у контексту индустријске прераде воћа и производње воћног сока	61
3.4.1. Предмет, циљ и организација квази-експерименталног истраживања са ученицима	61
3.4.2. Узорак истраживања	64
3.4.3. Инструмент истраживања.....	64
3.5. Методологија квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи о производњи и пречишћавању воде у поређењу с наставом у учионици.....	65

3.5.1. Предмет, циљ и организација квази-експерименталног истраживања са ученицима	65
3.5.2. Узорак истраживања	67
3.5.3. Модел учења и дизајн образовног материјала	68
3.5.4. Инструмент истраживања	72
4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	74
4.1. Резултати дескриптивног истраживања са наставницима	74
4.1.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1	74
4.1.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2	74
4.1.3. Резултати у вези с истраживачким питањем 3	83
4.2. Резултати дескриптивног истраживања са ученицима	90
4.2.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1	90
4.2.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2	93
4.2.3. Резултати у вези с истраживачким питањем 3	96
4.3. Резултати квази-експерименталног истраживања ефеката индустријске посете водоводу	102
4.3.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1	102
4.3.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2	106
4.4. Резултати квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи у контексту индустријске прераде воћа и производње воћног сока	109
4.4.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1	109
4.4.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2	111
4.5. Резултати квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи о производњи и пречишћавању воде	115
4.5.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1	115
4.5.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2	118
5. ЗАКЉУЧАК	123
5.1. Закључци дескриптивних истраживања	123
5.1.1. Закључци дескриптивног истраживања реализованог са наставницима	123
5.1.2. Закључци дескриптивног истраживања реализованог са ученицима	124
5.2. Закључци квази-експерименталних истраживања	125
5.2.1. Закључци квази-експерименталног истраживања ефеката индустријске посете водоводу	125
5.2.2. Закључци квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи у контексту индустријске прераде воћа и производње воћног сока	126
5.2.3. Закључци квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи о производњи и пречишћавању воде	127
5.3. Импликације за наставну праксу	129
5.4. Ограничења истраживања	130
6. ЛИТЕРАТУРА	132
7. ПРИЛОГ	166
БИОГРАФИЈА	219
ИЗЈАВЕ	222

1. УВОД

У савременом друштву хемија има важну улогу у развоју решења за стратешки значајне изазове као што су нови материјали, одрживи извори енергије, производња хране, заштита здравља и ублажавање климатских промена. Интензиван развој науке и технологије значајно је изменио начин живота, што је довело до потребе за преиспитивањем у којој мери образовни систем омогућава младима развој компетенција неопходних за лични, професионални и друштвени живот (Stuckey *et al.*, 2013; Sjöström *et al.*, 2020). Ове компетенције укључују научну писменост, критичко мишљење и способност примене знања у реалним контекстима, у складу са принципима одрживог развоја, зелене хемије и циркуларне економије.

Образовање у области хемије има задатак да припреми ученике за информисано доношење одлука и активно учешће у решавању друштвено релевантних проблема који укључују науку и технологију (Stuckey *et al.*, 2013). Да би се тај циљ остварио, важно је да наставни садржаји буду перципирани као релевантни, како за свакодневни живот ученика, тако и за њихову будућу професионалну оријентацију (Sjöström *et al.*, 2020).

Међутим, резултати истраживања PISA 2022 (*Programme for International Student Assessment*) указују да значајан део ученика у Србији не достиже ниво функционалне научне писмености. Истовремено, ученици природне науке, укључујући хемију, често доживљавају као апстрактне, захтевне и недовољно повезане са реалним животом. Тај јаз између школског знања и његове применљивости указује на потребу за наставним приступима који омогућавају контекстуализацију учења.

У овој дисертацији појам *контекста* дефинисан је у ужем смислу као примена индустријских производних процеса као оквира за учење хемије. Такав приступ омогућава ученицима да хемијске појмове сагледају кроз њихову практичну примену, чиме се подстиче дубље разумевање и уочавање функционалности знања. Истраживања показују да контекстуализовано учење може допринети бољим постигнућима ученика, већој мотивацији и развоју научне писмености.

Посебно значајан облик контекстуалног учења представљају индустријске посете, које омогућавају учење у аутентичном окружењу. Оне пружају ученицима прилику да непосредно посматрају производне процесе, комуницирају са стручњацима и повежу теоријска знања са реалним ситуацијама (Orion and Hofstein, 1994; Hofstein and Kesner, 2006; Eilks and Hofstein, 2015). Таква искуства доприносе развоју критичког мишљења, аналитичких вештина, сарадње и доношења одлука, као и повећању мотивације за учење.

Поред тога, сарадња школе и индустрије омогућава ученицима да стекну увид у професионалне контексте примене хемије, што је посебно важно у периоду када доносе одлуке о даљем образовању. Ова интеракција доприноси разумевању улоге хемије у различитим делатностима и развоју свести о значају научних знања за друштво.

С друге стране, савремени образовни контекст подразумева и интеграцију дигиталних технологија. У ситуацијама када индустријске посете нису изводљиве, могу се користити дигитална окружења за учење која омогућавају виртуелну симулацију производних процеса. Web 2.0 алати, као што су Padlet и Genially, омогућавају интерактивно и мултимедијално учење, подстичу сарадњу и омогућавају ученицима да активно учествују у креирању и размени знања (Iyasuremye *et al.*, 2024).

Полазећи од наведеног теоријског и практичног оквира, у овој докторској дисертацији испитују се ефекти учења хемије у контексту индустријских производних процеса, како у реалном окружењу (индустријске посете), тако и у дигиталном окружењу (онлајн учење).

Методолошки, истраживање је конципирано као комбинација дескриптивних и квази-експерименталних истраживања. Дескриптивна истраживања омогућавају увид у ставове и

перцепције наставника и ученика, што представља основу за дизајн интервенција. Квази-експериментална истраживања усмерена су на испитивање ефеката различитих облика контекстуалног учења на:

- разумевање хемијских појмова,
- развој критичког мишљења,
- мотивацију за учење,
- перцепцију релевантности наставних садржаја.

Посебна вредност истраживања огледа се у фокусу на ученике узраста 13 и 14 година, за које је карактеристично да почињу да формирају ставове о науци и професионалној оријентацији, а за које су овакви приступи у литератури недовољно истражени.

Очекује се да резултати ове дисертације допринесу бољем разумевању улоге индустријских контекста у настави хемије и понуде конкретне импликације за унапређивање наставне праксе, посебно у правцу развоја научне и хемијске писмености ученика.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

2.1. Компетенције младих за 21. век

Свет у коме живимо перманентно се мења и напредује у корак с развојем науке и технологије. Да би се глобални проблеми, попут заштите квалитета воде, решавали на одржив начин, неопходно је да се кроз образовање развијају вештине 21. века, као што су критичко мишљење, сарадња, креативност и иновације (Saxena, 2015). Образовни системи све више наглашавају вештине 21. века, а посебно критичко мишљење, као важну вештину за припрему ученика да одговоре сложеним еколошким, технолошким и друштвеним изазовима (Forawi, 2016; Thornhill-Miller *et al.*, 2023).

Те вештине омогућавају младима да ефикасно анализирају проблеме животне средине и проналазе одржива решења. У доба убрзаног технолошког развоја, промене у економији и друштву захтевају трансформацију образовних приступа (Lunnetta *et al.*, 2007; Forawi, 2016). Савремени свет обележавају иновације и нови захтеви за професионалним компетенцијама (Ozturk, 2023), што намеће потребу за прилагођавањем наставних стратегија (Thornhill-Miller *et al.*, 2023). Индустијски процеси остављају дубок утицај на животну средину, што утиче и на обезбеђивање квалитетне воде за пиће. Вода, уз ваздух, представља кључни ресурс за живот и основни услов одрживости (Martínez-Vorreguero *et al.*, 2020). Растућа урбанизација, индустријализација и пољопривредна производња доводе до деградације водних ресурса (Shi *et al.*, 2024), угрожавајући на тај начин здравље људи и еколошку равнотежу. Циљеви одрживог развоја Уједињених нација постављају амбициозне захтеве у области водоснабдевања, отпадних вода, хигијене и очувања воде што указује на потребу за образовањем које ће младе припремити за ефикасно суочавање са тим изазовима. Настава заснована на контексту, посебно када је утемељена на стварним еколошким изазовима, може побољшати развој компетенција младих за 21. век, смештањем учења у аутентичне, смислене контексте (Bulte *et al.*, 2006).

2.2. Развој критичког мишљења у настави и учењу природних наука

Развој науке и технологије нагласио је важност вештина критичког мишљења које подржавају рефлексивно просуђивање и доношење информисаних одлука у свакодневном животу (Karışan and Eilks, 2023). Критичко мишљење, као свесни и несвесни когнитивни процес, подстиче развој компетенција и логичког и аналитичког резоновања (Paul and Elder, 2012). То подразумева анализу информација, примену знања и извођење закључака у различитим контекстима (Ку, 2009). Међутим, појединци се често суочавају са тешкоћама у интегрисању критичког мишљења са основним компетенцијама 21. века као што су тимски рад и комуникација у професионалном окружењу (Trilling and Fadel, 2009; Qi *et al.*, 2024). Из конструктивистичке перспективе, ови изазови указују на потребу за окружењима за учење која подстичу активно конструисање знања, омогућавају ученицима да разумеју научне идеје кроз лично искуство и друштвену интеракцију у релевантним контекстима (Melesse *et al.*, 2025).

Критичко мишљење обухвата когнитивне вештине, као што су анализа и процена, и афективне склоности попут мотивације, радозналости и спремности да се размотре алтернативна гледишта у вези са применом науке у стварном животу (Facione, 2000; Sosu, 2012). Ове стабилне диспозиције, обликоване особинама личности, вредностима и мотивацијом, могу се развити током времена и значајно утицати на способност критичког мишљења ученика (Facione, 2000). Рефлексивно просуђивање, као кључан елемент критичког мишљења, обично се процењује кроз индикаторе као што су анализа, закључивање,

евалуација и расуђивање (Ennis, 2011; Fisher, 2011). Истраживања истичу да обе компоненте критичког мишљења, когнитивну и диспозициону, треба јасно развијати кроз образовање (Lawrence *et al.*, 2009; Trilling and Fadel, 2009).

Наставни програм хемије обухвата основне концепте који нису само кључни за хемију, већ су релевантни и за друге научне дисциплине (Taber, 2002). Критичко мишљење омогућава ученицима да повежу хемијске концепте са стварним животним ситуацијама, друштвеним проблемима и технолошким развојем. Ово је посебно важно у хемији, где су разумевање ризика, доношење информисаних одлука и безбедна примена знања кључни за професионалну праксу и свакодневни живот (Mahaffy, 2004; Paul and Elder, 2012; Hofstein and Kesner, 2015; Ananda *et al.*, 2023). Недовољно развијене вештине критичког мишљења, посебно у областима анализе, евалуације, објашњења и саморегулације, могу ометати учење ученика и формирање дубљег разумевања хемије (Wilson, 2015; Utami *et al.*, 2017; Anjarwati and Nasrudin, 2022). Јачање ових вештина повећава мотивацију, академска постигнућа и трајност знања, посебно када се уклопе у контексте учења из стварног света (Trilling and Fadel, 2009; Sumarni and Kadarwati, 2020).

Да би се подстакао развој критичког мишљења, предложене су различите методе наставе и модели наставе (Thomas, 2011; Astuti *et al.*, 2019; Ijirana *et al.*, 2022; Rushiana *et al.*, 2023). Истраживачке студије су показале да и традиционални и мултимедијални приступи у хемијском образовању могу подржати развој вештина критичког мишљења (Cowden and Santiago, 2015; Astuti *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2021). Показано је да интеграција иновативних мултимедија побољшава разумевање сложених хемијских концепата код ученика и олакшава њихову примену у практичним контекстима (Balasundram and Karpudewan 2021; Santyasa *et al.*, 2021; Febliza *et al.*, 2023). Примена принципа мултимедијалног дизајна наставе, као што су сигнализација, просторна и временска кохерентност, сегментација и персонализација (Mayer, 2024), може значајно побољшати когнитивну обраду и смањити когнитивно оптерећење изазвано учењем апстрактних хемијских појмова. Ови принцип су посебно важни када се представљају сложени или динамички процеси типични за хемију, где добро осмишљена мултимедија може помоћи ученицима да визуализују невидљиве интеракције и конструишу смислене менталне моделе (Rodemer *et al.*, 2021).

2.3. Научна писменост

Концепт научне писмености, уведен у другој половини прошлог века, односи се на способност појединца да разуме и користи научне информације и процесе на начин који му омогућава да доноси информисане одлуке и активно учествује у друштву. Важна је и за друштво у целини, јер омогућава доношење бољих одлука на локалном и глобалном нивоу, на пример, у областима образовања, јавног здравља, економског развоја и очувања животне средине. Научна писменост према томе, представља срж напредовања друштва и културе појединаца (Trivić and Stevanović, 2012), чиме се пажња јавности усмерава ка улогама науке у друштву. Према Баумерту (Baumert, 1997), концепт писмености представљен је као темељ научне писмености, уз који се пажња јавности усмерава ка улогама науке у друштву (Bybee *et al.*, 2009). Развој научне писмености усмерен је на потребу појединца да разуме научна открића и технолошке иновације с којима се сусреће у свакодневици.

Термин научна писменост (енг. *scientific literacy*) је уведен педесетих година прошлог века (Van Eijck and Roth, 2010; Singh and Singh, 2016) с јављањем потребе да човек разуме науку и научне принципе (Hurd, 1998). У основи, употребљени термин „научна писменост” потиче од две речи (Rusli, 2012). Реч „научно” потиче од латинске речи „*scientia*” што се односи на науку или научни аспект приступања проблему проучавања. Док с друге стране, реч „писмен” потиче од латинске речи „*littera*” што значи „писмо”. На почетку се писменост односила на могућност читања. Касније је укључила и појам културе указујући тиме на

потребу широког образовања, а деценијама уназад заговара се научна писменост (Kolstø, 2001; Hofstein and Kesner, 2006; Holbrook and Rannikmae, 2009; Thomson *et al.*, 2014; Antić and Pešikan, 2015; Eilks *et al.*, 2018; OECD, 2019; Milanović and Trivić, 2020).

2.3.1. Значај и место научне писмености у образовању

Европски парламент и Савет ЕУ су 2006. године усвојили Препоруку о кључним компетенцијама за целоживотно учење, којом је дефинисано осам кључних компетенција као скуп знања, вештина и ставова неопходних за успешно функционисање појединаца у 21. веку (European Commission, 2007). Научна писменост једна је од кључних компетенција која је младима неопходна за живот у друштву које се развија у корак с научно-технолошким изазовима и иновацијама (Pavlović-Babić and Baucal, 2010). Систем отвореног знања којим се описује научна писменост континуирано се трансформише и проширује у складу с открићима и потребама науке, истовремено усмеравајући младе ка стицању општег образовања и развијању свести о потреби разумевања науке (Trivić and Stevanović, 2012). Милер (Miller, 2010) истиче да употреба научног знања подразумева најмање основни ниво читалачке писмености, неопходан за учешће у друштвеној комуникацији, што је полазиште за развој виших нивоа научне писмености. Научна писменост обухвата не само познавање научних чињеница већ и њихову функционалну примену у различитим контекстима (Shwartz *et al.*, 2005). Зато је научно описмењавање грађана један од кључних циљева реформе образовања у области природних наука (DeVoer, 2000).

Иако постоји више дефиниција научне писмености, већина аутора је сагласна да она подразумева способност разумевања, критичке процене и примене научног знања (Norris and Phillips, 2003). Додатно, дефиниција научне писмености требало би да обухвати знања о науци и разумевање њене природе (Eichinger *et al.*, 1997; Bell and Lederman, 2003), способност примене научних знања, развијене когнитивне вештине и компетенције за решавање проблема у свакодневном животу, као и разумевање односа науке, технологије и друштва (Thummathong and Thathong, 2018).

Према OECD (2006), научна писменост обухвата: (1) способност примене научног знања ради идентификовања проблема и доношења закључака заснованих на доказима; (2) разумевање природе науке као облика људске активности; (3) свест о утицају науке и технологије на друштво; и (4) спремност за активно и одговорно учешће у решавању научно релевантних питања.

Разликују се четири нивоа научне писмености: 1) номинална, 2) функционална, 3) концептуална и процедурална, и 4) мултидимензионална научна писменост (Vubee, 1997). Номинална научна писменост односи се на препознавање основних појмова, функционална на разумевање и употребу научног језика у ограниченим контекстима, концептуална и процедурална на разумевање научних концепата и процеса, док мултидимензионална научна писменост подразумева интегрисано разумевање науке у ширем друштвеном, историјском и филозофском контексту. Управо тај највиши ниво омогућава повезивање научног знања са свакодневним животом и друштвеним одлукама (Koballa *et al.*, 1997).

Главне компоненте научне писмености укључују научно знање, разумевање природе науке и познавање научних метода (слика 1).



Слика 1. Три главне копоменте научне писмености
(извор: Virginia Mathematics and Science Coalition, 2010)

Научно знање односи се на оно што појединац зна о науци. Знања о науци представљају разумевање научних коцепата и објашњења интеракција које се посматрају и доживљавају, док научне методе укључују разумевање истраживања природе и научних објашњења (Bybee, 2009). У свакој науци разликујемо различите научне методе истраживања, а оне обухватају процедуре које воде формулисању научног знања .

Концептуализација научне писмености заснива се на два комплементарна приступа: првом, који научну писменост посматра као функционално знање, и другом, који наглашава њену друштвену димензију и улогу у развоју кључних компетенција (Holbrook and Rannikmae, 2009).

Научна писменост подразумева способност идентификовања и анализирања питања из стварног света, као и доношење одлука заснованих на релевантним информацијама (Yacoubian, 2018). С тим у вези, наглашава се потреба за континуираним развојем научне и функционалне писмености грађана (Antić and Pešikan, 2015), при чему школа има кључну улогу у том процесу (Levitt, 2001).

Научна писменост се у настави може развијати различитим приступима, укључујући повезивање наставних садржаја са претходним знањима ученика, као и са социокултурним контекстом настанка и примене научних знања (Antić *et al.*, 2015). Такви приступи доприносе развоју критичког мишљења и формирању позитивних ставова према науци (Bradley, 2005), као и изградњи „научног погледа на свет” кроз интеграцију знања, методологије и епистемологије (Ryder, 2001; Zeidler *et al.*, 2005).

У том контексту, појам релевантности има посебан значај (Теро and Rannikmae, 2008). Он обухвата аспекте интересовања, смислености и вредности које појединац приписује учењу (De Jong and Talanquer, 2015). Предложен је модел заснован на три димензије релевантности: индивидуална, друштвена и професионална (Stuckey *et al.*, 2013), које су међусобно повезане и значајне за развој компетенција ученика (Eilks and Hofstein, 2015).

Посматрано из перспективе образовања за одговорно грађанство, релевантност наставе доприноси развоју способности младих за разумевање и решавање сложених друштвених, економских и еколошких питања (Hofstein and Kesner, 2006), као и доношењу информисаних личних и професионалних одлука (Bell and Liderman, 2003; Marks and Eilks, 2009; Stolz *et al.*, 2014).

2.3.2. Праћење и вредновање научне писмености

Постигнућа ученика представљају један од главних индикатора квалитета и ефеката образовног система у оквиру једне државе. Анализа ових показатеља омогућава широј друштвеној заједници увид у степен усвојености научних, културних, технолошких и других постигнућа код младих, као и процену укупног друштвеног развоја. Резултати образовних исхода представљају важну основу за планирање и унапређивање образовних политика и реформи.

У Републици Србији, праћење постигнућа ученика реализује се кроз националне и међународне системе вредновања. На националном нивоу, један од главних механизма је завршни испит на крају основног образовања, дефинисан Законом о основама система образовања и васпитања. Циљ овог испита је процена степена остварености образовних исхода, односно знања, умења и компетенција које су ученици стекли током основног образовања. Испит организују Министарство просвете Републике Србије и Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања, а састоји се од тестова из матерњег језика, математике и једног предмета по избору из групе природних и друштвених наука.

Међународно вредновање образовних постигнућа у Републици Србији изводи се кроз испитивања: TIMSS (*The Trends in International Mathematics and Science Study*) и PISA (*Programme for International Student Assessment*). PISA је међународни програм процене ученичких образовних постигнућа, покренут 1997. године на иницијативу чланица Организације за економску сарадњу и развој (*Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD). Циљ је био системско праћење квалитета образовања у различитим замљама.

PISA процењује знања и компетенције петнаестогодишњака, узраста који се сматра битним за завршетак обавезног образовања. У Србији, већина ученика тог узраста похађа први разред средње школе (Videnović and Čaprić, 2020), док је мањи број њих у осмом разреду или другом разреду средње школе (Ivić *et al.*, 2021).

PISA се реализује у трогодишњим циклусима који добијају име по години извођења главног истраживања (на пример, последње главно истраживање у нашој земљи је PISA 2022). У првој години циклуса PISA спроводи се пробно истраживање, у другој години главно, док се у трећој години врше анализе на основу којих се припремају међународни и национални извештаји. Сваки од спроведених циклуса укључује испитивања петнаестогодишњака у три когнитивне области: читалачка, математичка и научна писменост, уз додатно укључивање иновативне области. До сада је реализовано осам циклуса PISA тестирања, а главно истраживање у првом циклусу спроведено је 2000. године (PISA 2000). Република Србија се прикључила PISA истраживањима 2003. године и од тада је, изузев циклуса PISA 2015, учествовала у овим испитивањима (PISA 2003, PISA 2006, PISA 2009, PISA 2012, PISA 2018 и PISA 2022). Број држава које су учествовале у PISA тестирању растао је у сваком следећем циклусу.

Програм PISA не процењује колико су ученици савладали градиво које се учи у школи, већ степен њихове оспособљености да разумеју и употребе информације у решавању релевантних проблема свакодневице, односно, у којој мери су припремљени за живот у савременом друштву (Baucal and Pavlović-Babić, 2010; Popović *et al.*, 2018). Овај програм идентификује „шта петнаестогодишњаци могу да науче или ураде”, било да су та знања стекли у школи, код куће у оквиру породице, путем медија или другог извора сазнања (Ivić *et al.*, 2021). Осим наведеног, PISA утврђује и обим различитих контекстуалних фактора, попут карактеристика образовног система и карактеристика социјалног окружења као што је породично окружење, школа, наставници и други ученици, а који утичу на образовна постигнућа (Popović *et al.*, 2018).

Научна писменост је према PISA концепту описана кроз четири димензије: знања, компетенције, контексти и ставови према науци. Разликују се две врсте знања: знање о садржајима природних наука и знање о науци као процесу (OECD, 2007). Прво обухвата области као што су живи и неживи системи, Земља и васиона, и технологија (табела 1), док друго укључује разумевање научног истраживања и научног објашњења (Pavlović - Babić *et al.*, 2009).

Табела 1. Садржаји испитивања научне писменост (извор: Popović *et al.*, 2018)

Категорије научне писмености	Живи системи	Структура и функција ћелије; човек – здравље, исхрана, нервни систем, дигестивни, кардиоваскуларни, респираторни, систем жлезда са унутрашњим лучењем, болести, репродукција; еволуција живих система, врсте популација, биодиверзитет, генетске промене; екосистеми; биосфера и питања одрживости;
	Неживи системи	Структура, својства и промене материје; сила и кретање; енергија и трансформисање енергије; <u>узајамно деловање материје и енергије;</u>
	Земља и васиона	Земља у васиони; састав Земље; енергија унутар Земље; промене у планети Земљи; историја Земље као планете;
	Технологија	Улога и значај технологије; однос између науке и технологије; технолошка начела, оптимизација, размена, излагање ризику; најважнији принципи у примени технологија, нпр. мере, ограничења, иновације, проналасци

У новијим PISA оквирима (OECD 2019), компетенције се посматрају као способност ученика да примене знање, вештине, ставове и вредности како би се суочили са реалним животним изазовима. Тиме се наглашава функционална писменост у математици, науци и читању, а од 2015. и у колаборативном решавању проблема. Контексти за испитивање научне писмености у оквиру PISA пројекта (табела 2) сврстани су у три категорије: 1. лични контекст (појединац, породица и вршњачка група), 2. друштвени контекст (друштвена заједница) и 3. глобални контекст (збивања у свету). У оквиру сваке категорије контекста формиране су тематске целине за проверу научног знања и компетенција ученика (Popović *et al.*, 2018).

Табела 2. Контексти испитивања научне писмености (извор: Popović *et al.*, 2018)

	Здравље	Природни ресурси	Животна средина	Ризици и опасности	Домени науке и технологије
Лични контекст (појединац, породица, вршњачка група)	очување здравља, начин исхране итд.	потрошња енергије	однос према животној средини	природни и изазвани вештачким путем (од стране човека)	интересовање за научна објашњења природних појава, хоби, спорт, музика (GPS, телефон...)
Друштвени контекст (друштвена заједница)	превенција болести, начин преношења, јавно здравље	производња хране, снабдевање енергијом	отпадне материје, временски услови	споре и прогресивне промене (ерозије, таложења), нагле промене (земљотреси, промене времена)	модерни уређаји, оружје, начин транспорта
Глобални контекст (збивање у)	епидемије, раширеност инфективних	обновљиви и необновљиви ресурси, раст	еколошка одрживост, контрола	климатске промене, утицај	изумирање појединих врста, проучавање

2.3.3. Постигнућа ученика из Србије у области научне писмености

Постигнућа ученика у PISA истраживању изражавају се на скали са просеком од 500 поена и стандардном девијацијом 100 (OECD, 2022). Груписана су у шест главних нивоа (са поднивоима првог нивоа), који у домену научне писмености описују степен развијености научних компетенција. У табели 3 приказан је опис постигнућа на сваком од нивоа скале научне писмености. Уз то, наведена су постигнућа ученика у Републици Србији и просечна постигнућа у земљама чланицама OECD-а на PISA 2022.

Табела 3. Постигнућа ученика из научне писмености према PISA 2022 (извор: OECD 2022)

Ниво	Скор	Опис постигнућа	Република Србија, 2022 у %	OECD просек, 2022 у %
6	708	На нивоу 6, ученици могу да се ослањају на цео низ међусобно повезаних научних идеја и концепата из физике, биологије, географије и астрономије и да користе познавање садржаја, процедура и епистемологије како би понудили хипотезе које објашњавају нове научне појаве, догађаје и процесе или да би направили предвиђања. У тумачењу података и доказа, у стању су да разликују релевантне од нерелевантних информација и могу да се ослањају на знање које је изван школског плана и програма. Могу да разликују аргументе који су засновани на научним доказима и теорији од оних заснованих на осталим разматрањима. Ученици на нивоу 6 могу да процене конкурентске дизајне комплексних експеримената, теренских студија или симулација и да образложе свој избор.	0,2	1,2
5	633	На нивоу 5, ученици могу да користе апстрактне научне идеје или концепте да би објаснили непознате и комплексније појаве, догађаје и процесе који укључују више узрочних веза. У стању су да примене софистицираније епистемолошко знање да би проценили алтернативне експерименталне дизајне и образложили свој избор и да би користили теоријско знање за тумачење информација или прављење предвиђања. Ученици на овом нивоу могу да процене научне начине истраживања одређеног питања и да идентификују ограничења у тумачењу скупова података, обухватајући изворе и последице несигурности у научним подацима.	2,0	7,5
4	559	На нивоу 4, ученици могу да користе познавање комплекснијег или апстрактнијег садржаја, који је или дат или раније упамћен, да би конструисали објашњења комплекснијих или мање познатих догађаја и процеса. Могу да спроводе експерименте који обухватају две или више независних варијабли у ограниченом контексту. У стању су да образложе експериментални дизајн, ослањајући се на елементе познавања процедура и епистемологије. Ученици на нивоу 4 могу да тумаче податке извучене из умерено комплексног скупа	9,5	24,6

		података или мање познатог контекста, да извлаче одговарајуће закључке који иду изван података и да дају образложења за своје изборе.		
3	484	На нивоу 3, ученици могу да се ослоне на познавање умерено комплексног садржаја да би идентификовали или конструисали објашњења познатих појава. У мање познатим или комплекснијим ситуацијама могу да конструишу објашњења уз релевантна упутства или подршку. Могу да се ослоне на елементе познавања процедура или епистемологије да би извели једноставан експеримент у ограниченом контексту. Ученици на овом нивоу у стању су да разликују научне од ненаучних проблема и да идентификују доказе који подржавају научну тврдњу.	22,5	50,3
2	410	На нивоу 2, ученици су у стању да се ослоне на познавање свакодневног садржаја и основно познавање процедура да би препознали одговарајуће научно објашњење, протумачили податке и идентификовали питање које се обрађује у једноставном експерименталном дизајну. Могу да користе основно или свакодневно научно знање да би извели валидан закључак из једноставног скупа података. Ученици на нивоу 2 показују основно познавање епистемологије тиме што су у стању да препознају питања која се могу научно истражити.	30,7	75,5
1a	335	На нивоу 1a, ученици су у стању да користе основно или свакодневно познавање садржаја и процедура да би препознали или идентификовали објашњења једноставних научних појава. Уз подршку, могу да се упусте у структуриране научне упите са не више од две варијабле. У стању су да препознају једноставне узрочне или корелационе односе и да тумаче графичке и визуелне податке који захтевају низак ниво когнитивног оптерећења. Ученици на нивоу 1a могу да изаберу најбоље научно објашњење за дате податке у познатим личним, локалним и глобалним контекстима.	24,5	92,6
1b	261	На нивоу 1b, ученици могу да користе основно или свакодневно познавање природних наука да би препознали аспекте познатих или једноставних појава. У стању су да идентификују једноставне обрасце у подацима, препознају основне научне појмове и прате експлицитна упутства за извођење процедуре.	9,1	98,9

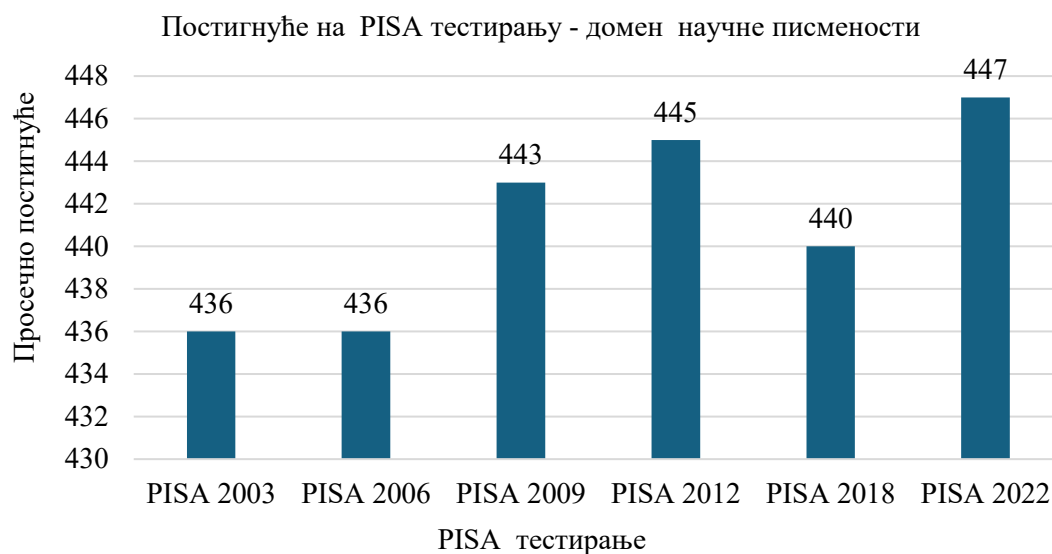
Укупно 6413 петнаестогодишњака из 183 школе у Србији је учествовало у тестирању PISA 2022, што чини 87 % укупне популације петаестогодишњака у нашој земљи. Процент укључених петнаестогодишњака порастао је у периоду PISA 2003 до PISA 2022 са 69 % на 87 %.

У PISA 2022 истраживању, просечно постигнуће ученика из Србије износило је 447 поена, што је испод OECD просека од 485 поена. У односу на OECD просек, просечан ниво научне компетенције ученика из Србије нижи је за 38 поена. Та разлика одговара приближно једној години школовања (Videnović and Čarčić, 2020).

Око 65 % ученика у Србији достигло је најмање основни (други) ниво научне писмености, док око 38 % није достигло тај праг, што указује на значајан удео ученика са недовољно развијеним функционалним научним знањем. Само око 2 % ученика достигло је

највише нивое постигнућа (нивои 5 и 6), у поређењу са око 7 % у OECD земљама (OECD, 2022). Најнижи ниво који чине 1a и 1b поднивои на скали научне писмености односи се познавање основних научних садржаја и процедура за успешно тумачење података, идентификовање експерименталних питања или процену валидност закључка на основу података. У Србији је 1,6 % петнаестогодишњих ученика имало постигнуће испод нивоа 1b на PISA тестирању научне писмености.

Најуспешнији резултат у PISA 2022 остварио је Сингапур (561 поен), док су међу најуспешнијим образовним системима и Јапан, Кореја, Естонија и Канада. Ови резултати указују на значајне разлике у квалитету образовних система на глобалном нивоу. Дугорочни тренд показује да се постигнућа ученика у Србији (слика 2) крећу у распону од 436 поена (PISA 2003) до 447 поена (PISA 2022), што указује на благ, али недовољан напредак (Popović *et al.*, 2018; Ivić *et al.*, 2021).



Слика 2. Постигнуће ученика у Србији у домену научне писмености PISA 2003-2022

У поређењу са другим европским земљама и земљама из региона (слика 3) можемо закључити да је научна компетенција ученика из Србије у просеку за 38 поена нижа у односу на ученике који су се образовали у Мађарској или Хрватској, што је једнако ефекту од 1,3 године школовања у овим земљама. С друге стране, ученици из Србије показали су у просеку за 67 поена више развијене научне компетенције у односу на ученике из Северне Македоније и за 44 поена у односу на ученике из Црне Горе.



Слика 3. Постигнуће на PISA 2022 тестирању у домену научне писмености према нивоима

2.3.4. Хемијска писменост. Категорије и показатељи хемијске писмености

Истраживачи широм света истичу да научна писменост представља један од основних циљева образовања у области природних наука (Stašević *et al.*, 2023). Ради њеног потпунијег разумевања, неопходно је разматрати специфичности које се испољавају у оквиру појединачних научних дисциплина (Shwartz *et al.*, 2005). У том смислу, образовање у области природних наука обухвата и развијање разумевања основних хемијских концепата и идеја (Gilbert and Treagust, 2009). Хемијска писменост се стога посматра као саставни део научне писмености (Mozeika and Bilbokaite, 2010) и један од њених основних сегмената који се развија у оквиру савременог образовања у области природних наука (Stašević *et al.*, 2023).

Хемијска писменост подразумева скуп знања, вештина и ставова који омогућавају појединцима да разумеју и тумаче хемијске појаве, као и да доносе информисане одлуке у вези са друштвено и научно релевантним питањима (Kohen *et al.*, 2019). Таква знања постају део опште културе појединца и доприносе његовом активном учешћу у савременом друштву. У литератури се наглашава да способност разумевања и примене хемијских знања у свакодневним ситуацијама представља суштину хемијске писмености (Tsaparlis, 2000), што омогућава боље разумевање производа и процеса који обликују физичко окружење (Gilbert and Treagust, 2009) и подржава доношење одговорних одлука (Harlen, 2001). Савремено образовање требало би да омогући да се млади успешно суоче с решавањем проблема уз конструкцију нових знања и адаптацију на промене с којима се суочавају. Важне карактеристике хемијске писмености младих јесу разумевање везе науке и хемије, контекстуализација хемије, способност постављања питања и анализе информација о различитим хемијским феноменима (Susanti, 2019).

Шварц и сарадници (Shwartz *et al.*, 2005) су на основу мишљења хемичара и наставника хемије запослених у основној и средњој школи, идентификовали и дефинисали хемијске концепте и описали категорије хемијске писмености. Оне у основи описују четири функције знања: хемијско знање о садржају, хемију у контексту, вештине учења и афективне аспекте. Хемијско знање о садржају обухвата опште хемијске идеје, што укључује научна истраживања, генерализацију налаза и примену знања хемије у другим научним дисциплинама с циљем да се објасне природни феномени. На вишем нивоу обухвата основне хемијске идеје за разумевање макроскопских феномена на микронивоу и објашњење процеса, хемијских реакција, топлотног ефекта хемијских реакција, процеса који се одвијају у живом системима, повезаност структуре и промена супстанци у живим системима, и употреба специфичне хемијске терминологије. Хемија у контексту обухвата знање хемије које хемијски писмена особа употребљава за објашњавање свакодневних ситуација, за доношења одлука у таквим ситуацијама, аргументовано решавање друштвено - релевантних хемијских тема и повезивање иновација у хемији с напредовањем друштва. Вештине учења подразумевају способност постављања питања, прикупљања и критичке анализе информација, као и аргументованог изношења ставова о научним и друштвеним питањима (Susanti, 2019). Афективна компонента укључује интересовање за хемију, ставове и мотивацију за учење, што значајно утиче на ангажовање ученика и квалитет учења.

Категорије хемијске писмености омогућиле су да се уз развијање дефиниције хемијске писмености (Shwartz *et al.*, 2005) представе и разлике између знања и вештина ученика који су се определили за изучавање науке и оних који то нису учинили (Shwartz, 2004). Важно питање је како проценити хемијску писменост, при чему је потребно идентификовати њене показатеље (Trivić, 2013). Ти показатељи могу да буду: способност резоновања о темама из хемије, посредованих путем различитих медија (на пример, новински чланак о загађујућим супстанцама хране), резоновање приликом доношења друштвено-релевантних одлука, разумевање природе, циљева, метода и ограничења науке, као и утицаја хемије на многе аспекте свакодневног живота.

Савремени приступи образовању указују да развој хемијске писмености није ограничен на усвајање чињеница, већ подразумева интеграцију знања, вештина и ставова који омогућавају ученицима да делују као информисани и одговорни грађани.

2.4. Дидактички модели у хемијском образовању

Апстрактна природа хемијских концепата (Zoller, 1990) и сложеност односа међу њима довела је до развијања и употребе различитих дидактичких модела у хемијском образовању. Модели и моделовање су важни за разумевање научних концепата и примену хемијског знања (Coll *et al.*, 2005). У хемијском образовању могу се разликовати различите групе дидактичких модела: модели садржаја, модели релевантности, модели секвенци, модели праксе, модели курикулума и модели анализе и рефлексije (Sjöström *et al.*, 2020). У оквиру ове докторске дисертације посебно су важни дидактички модел садржаја и модел релевантности, те им је у наставку посвећена пажња.

2.4.1. Модели садржаја

Најпознатији и најутицајнији дидактички модел у хемијском образовању је Џонстонов триплетни модел (Gilbert and Boulter, 2000; Gilbert, 2007; Sjöström *et al.*, 2020).

Према овом моделу (слика 4) садржаји у хемији разматрају се на три нивоа репрезентације садржаја: макроскопском, субмикроскопском и симболичком нивоу (Johnstone, 1991), или, како их је Џонстон назвао, ниво дескрипције, ниво објашњења и ниво представљања (Rodić *et al.*, 2020). За пренос идеја хемије користе се специфичан језик, сачињен од научних термина, као основно средство комуникације, симболика, визуелне репрезентације и модели (Reid, 2021). Описани нивои репрезентација могу се представити у облику троугла (Johnstone, 1991; Johnstone, 1993) који се назива „хемијски троугао”.

Хемичари посматрају, описују, испитују својства супстанци и изазивају промене супстанци у хемијским лабораторијама, што је видљиво на макроскопском нивоу. На основу прикупљених информација, они објашњавају промене супстанци на субмикроскопском нивоу, тј. на нивоу честица које изграђују супстанце (атоми, молекули и јони), хемијских веза и међумолекулских интеракција.

Промене на нивоу честица хемичари не виде голим оком. Због тога употребљавају различите моделе честица, као и њихов симболички приказ помоћу хемијских симбола и формула, или хемијских једначина (Johnstone, 1993; Trivić, 2013). Због тога је експериментални рад од посебног значаја, јер омогућава повезивање макроскопских појава са субмикроскопским објашњењима и симболичким представама (Galloway *et al.*, 2016), чиме се унапређује концептуално разумевање и развој хемијске писмености (Krishnamoorthy, 2022).



Слика 4. Триплетни модел репрезентација хемијских садржаја (извор: Johnstone, 1991)

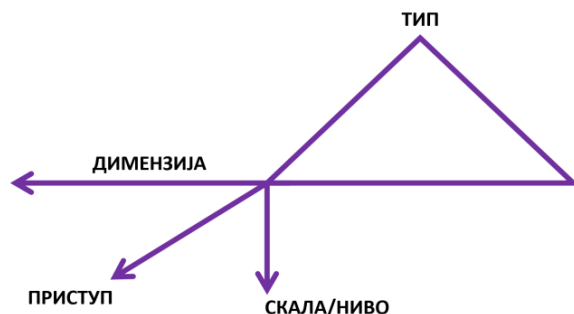
Џонстонов троугао хемијских садржаја описује различите нивое хемијских знања (Sjöström *et al.*, 2020), због чега се управо он сматра кључним за разумевање хемије (Reid, 2021). Према Џонстону (Johnstone, 2009), ученици би требало да разумеју начин повезивања хемијских садржаја представљених репрезентацијама на три нивоа. Сматра се да ученицима може бити тешко да хемију уче истовремено на више нивоа репрезентација, тј. да то може утицати на ефекат учења хемије (Hussein and Reid, 2009; Gilbert and Treagust, 2009). Истраживања указују да ученици немају формиране репрезентационе компетенције (Kozma and Russell, 1997) и да немају развијену способност транслације макроскопског у субмикроскопски ниво репрезентације (Gabel, 1999; Davidowitz and Chittleborough, 2009), односно, субмикроскопског у симболички ниво репрезентације (Sanger, 2005). Једно од решења јесте приступ учењу хемије, тзв. „растући ледени брег” (слика 5), који почиње изучавањем макроскопског нивоа репрезентације у оквиру кога се у почетној фази учења хемије усвајају својства и промене супстанци (Chittleborough, 2014). Након што ученици формирају одговарајуће коцепате, они се даље могу уводити у субмикроскопски и симболички ниво репрезентација.



Слика 5. Растући ледени брег – теоријски оквир учења хемије (извор: Chittleborough, 2014)

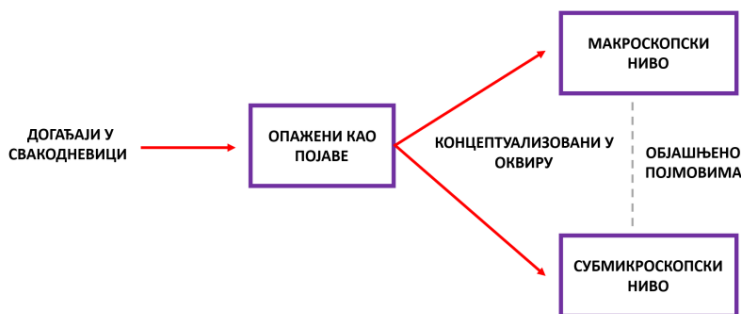
Према Таланкеру потребно је детаљно истражити ограничења у оквиру субмикроскопског нивоа репрезентација (Talanquer, 2011). Релевантна знања хемије могу се описати кроз искуство, моделе и визуализације. Модел „простор знања хемије” (слика 6) објашњава вишедимензионални простор који је важан за приказивање визуализација које представљају понашање и својства супстанци у различитим размерама. Како би подстицао разумевање својстава и промена супстанци, Таланкер је свом приступу одредио композицију/структуру, време и енергију, уз укључивање математичке, контекстуалне, концептуалне и историјске димензије проучавања.

Вишедимензионални простор који Таланкер описује укључује скале и нивое који су релевантни за анализу својстава система, зависно од његове хемијске природе. У простор знања хемије укључени су следећи нивои и скале: субатомски, молекулски, супрамолекулски, мултичестични, мезоскопски и макроскопски. Према Таланкеру, различите скале/нивои корисни су приликом описивања, објашњавања и анализирања хемијских процеса или феномена (Talanquer, 2011).



Слика 6. Модел простор знања хемије (извор: Talanquer, 2011)

За разлику од Таланкера, Табер (Taber, 2013) сматра да се симболички ниво репрезентације не може одвојити од макроскопског и субмикроскопског нивоа, због чега је потребно да ученици координирају учење хемије. Реконцептуализовани модел хемијског триплета (слика 7) објашњава интеграцију концептуализованих и перцепираних појава о спољашњем свету, формираних посматрањем појава на макроскопском нивоу и описима на субмикроскопском нивоу репрезентација.



Слика 7. Реконцептуализовани модел хемијског триплета (извор: Taber, 2013)

2.4.2. Модели релевантности

Основно питање наставника јесте како омогућити ученицима да напредују према постављеним циљевима наставе и да се оспособе за примену знања у свакодневном животу (Marković *et al.*, 2006). Повезивање хемије са свакодневним животом чини учење хемије релевантним за ученике (Broman and Simon, 2015). У општем друштвеном интересу јесте омогућавање ученицима да развијају логично, аналитичко и критичко мишљење, да то примењују у дискусији о употреби супстанци (хемијских производа), да их правило користе, да разумеју ризик и опасности од неправилне употребе, и да према томе предузимају одговарајуће мере заштите. На тај начин ученици се припремају да одговорно поступање у различитим животним ситуацијама базирају на знању хемије (Šišović *et al.*, 2004).

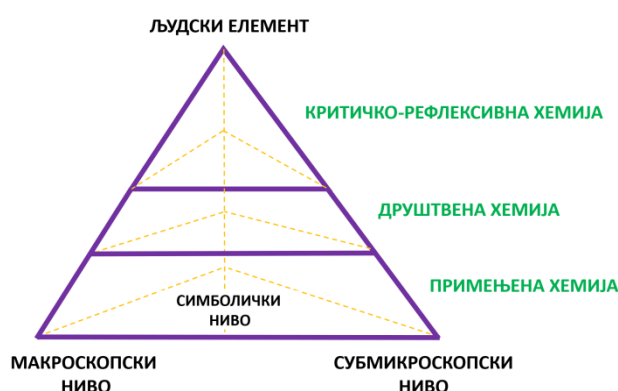
Важно је да се ученицима омогући да сагледају релевантност хемије, како за њих као појединце и њихова професионална опредељења, тако и за друштво у целини (Hofstein and Kesener, 2006). Разумевање релевантности хемије за различите професије може помоћи младима да направе избор будућег образовања и професионалне каријере. Како би истакао димензију друштвене релевантности образовања у области хемије, Махафи (Mahaffy, 2004) је

предложио да се триплетни модел трансформише у тетраедар, уз проширење димензијом која укључује људски елемент за релевантне контексте (слика 8).



Слика 8. Махафијев модел тетраедара (извор: Mahaffy, 2004)

Описаним моделом мења се начин увођења ученика у свет хемије што поспешује разумевање постојећих концепата и решавање изазова с којима се суочавају ученици у учењу хемије. Према Сјострому и сарадницима (Sjöström and Talanquer, 2014) укључивање различитих нивоа унутар димензије релевантности у Махафијевом моделу тетраедара указује на различите нивое сложености људског елемента, што обухвата научну писменост и научно образовање младих (слика 9).

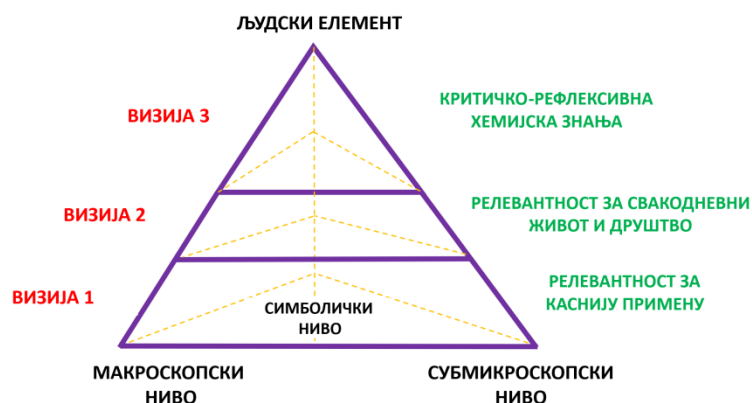


Слика 9. Сјострому модел тетраедара (извор: Sjöström and Talanquer, 2014)

Нивои сложености чине слојеве тетраедра који се сужавају од дисциплинарног доњег дела тетраедра ка врху тетраедра који одговара људском елементу (Sjöström *et al.*, 2020). Фокус учења на нижем нивоу је на стицању основног знања и вештина у хемији које ће омогућити релевантност за каснију примену.

Други ниво истиче релевантност хемијског знања за свакодневни живот и друштво, док трећи ниво указује на критичко-рефлексивна знања хемије. Према Сјостромовом моделу тетраедра, овај ниво укључује неопходну рефлексивну анализу историјских, филозофских, социолошких и културних перспектива, потребних за примену хемијског знања у решавању еколошких питања (Sjöström *et al.*, 2020). Нивои Сјостромовог моделу тетраедара (слика 10), према допуни коју су приредили Сјостром и Еилкс, заснивају се на три визије научне писмености (Sjöström and Eilks, 2018). Ови нивои су повезани са трима визијама научне писмености: научна писменост као знање (визија 1), научна писменост у контексту (визија 2) и научна писменост за друштвену одговорност и одрживост (визија 3) (Roberts *et al.*, 2007; Sjöström and Eilks, 2018; Sjöström *et al.*, 2020).

Највиши ниво подразумева способност критичке анализе научних и друштвених питања, укључујући одрживи развој и заштиту животне средине.



Слика 10. Визије научне писмености према Сјостромовом моделу тетраедара (извор: Sjöström *et al.*, 2020)

2.5. Учење и поучавање у контексту

Развој савремене науке и технологије условио је њихову све интензивнију интеграцију у образовни процес (Härnqvist and Burgen, 1997; Renouard and Mazabraud, 2018). Иако важне за учење о свету који нас окружује, природне науке нису популарне међу младима (Sjøberg and Schreiner, 2010). Планирање научног образовања има значајну улогу у припреми младих за активно учешће у друштву, уз истовремено подстицање развоја научне писмености (Holbrook and Rannikmae, 2007). Бројни аутори указују на потребу унапређивања наставних процеса како би се постигли позитивни ефекти у учењу и развоју научне писмености (Lemke, 1990; Krajcik and Sutherland, 2010).

Контекстуални приступ настави (engl. *context-based approach*) значајан је за образовање у области природних наука (Podschuweit and Bernholt, 2018) јер подржава развијање концептуалног разумевања и примену знања у различитим ситуацијама (Yu *et al.*, 2015; Putica *et al.*, 2018).

Етимологија речи „контекст“ у основи је проистекла из латинског глагола „*contextere*“ што значи умрежити и именице „*contextus*“ којом се означава повезаност, веза или кохерентност (Gilbert, 2007). Контекст је сложен конструкт с различитим елементима и нивоима који су у међусобној интеракцији и не могу се посматрати изоловано. Интеракције међу елементима одређују динамику њиховог деловања (Rogoff, 1994), док контекст проширује мрежу односа који обликују индивидуално искуство (Cornbleth, 1988).

Избор контекста важно је да буде прилагођен узрасту ученика. За млађе ученике користе се непосредни и конкретни контексти из свакодневног живота, док се код старијих ученика уводе сложенији контексти који укључују научна истраживања и шире друштвене аспекте (Wan, 2009), ради разумевања научних идеја (Bennett and Holman, 2003). Према Финкелштејну (Finkelstein, 2005), контекст има централну улогу у процесу учења, јер омогућава повезивање нових знања са постојећим искуствима ученика (слика 11). Де Јонг (De Jong, 2009) сматра да је порекло контекста зависно од следећих димензија: личне, друштвене, професионалне и научно-технолошке.



Слика 11. Модел учења према Финкелштејну (извор: Finkelstein, 2005)

Контекстуални приступ настави заснива се на филозофском правцу прагматизма (Teshager *et al.*, 2021) и конструктивистичкој теорији учења. У односу на фундаменталну конструктивистичку теорију, разликују се два правца, индивидуални (когнитивни) и социјални (културни) конструктивизам (Kanselaar *et al.*, 2002; Richardson, 2003).

Идеја индивидуалног конструктивизма потекла је од швајцарског психолога Жана Пијажеа. Когнитивни развој одвија се кроз постепено формирање сложенијих когнитивних структура (Piaget, 1995), које се развијају путем процеса асимилације, акомодације и уравнотежавања (Pešikan, 2020). Знање се организује у облику шема које омогућавају разумевање и интерпретацију стварности (Pritchard and Woollard, 2010). Ови процеси омогућавају ученицима да активно граде знање, у контексту (Gilbert, 2007), да интегришу нове информације са постојећим знањем и развијају апстрактно мишљење (Lutz and Huitt, 2004; Taylor, 2015).

Социјални конструктивизам, заснован на теорији руског психолога Лава Семјоновича Виготског, наглашава улогу друштвене интеракције и културног контекста у процесу учења. Према овом приступу знање се развија кроз комуникацију, сарадњу и употребу језика као посредничког средства (Vigotski, 1996; Jordan *et al.*, 2008). Учење се посматра као процес ко-конструкције знања на социјалном и индивидуалном нивоу (Davis and Sumara, 2002; Green and Gredler, 2002).

Индивидуалне и социјалне интеракције омогућавају развој когнитивних способности ученика у различитим животним ситуацијама (Harris, 2010). Међутим, контекст сам по себи није довољан да доведе до когнитивних промена. Кључну улогу има наставник, који кроз медијацију и организацију наставних активности подстиче ученике на активно учење и рефлексiju (Pešikan, 2020). Сходно наведеном, креирање наставних ситуација у којима ученици активно конструишу знање представља суштински предуслов за интеграцију научних и свакодневних појмова и развој научне писмености.

2.5.1. Контекстуални приступ у настави природних наука

Контекстуални приступ у настави омогућава повезивање свакодневног животног искуства са садржајима о којима ученици уче у школи (Finkelstein, 2005; Majid and Rohaeti, 2018), с потенцијалом да побољша разумевање ученика, функционализацију знања и примену научних принципа у аутентичним окружењима (Baran and Sozbilir, 2018; Fayzullina *et al.*, 2023). На тај начин омогућава се усвајање научних идеја и јачање жеље младих да се научно описмене и преузму друштвено одговорну улогу (Bennett and Holman, 2003; Fensham, 2009). Наука постављена у контексту омогућава да ученици развију радозналост према науци (Demircioğlu *et al.*, 2009) и постану свеснији везе коју наука успоставља са свакодневним окружењем ради остваривања друштвене улоге (Ültay and Çalik, 2012). Контексти се обично

бирају на основу њихове релевантности како за свакодневне животне ситуације (Köse and Tosun, 2015), тако и за развијање научне писмености (Mork and Jorde, 2004).

Бројна истраживања потврђују позитивне ефекте контекстуалног приступа у настави природних наука (Tsai, 2000; Broman and Parchmann, 2014; Köse and Tosun, 2015; Putica and Trivić, 2016; Caballes and Belen, 2020; Sanchez *et al.*, 2021, Kozić and Trivić, 2022; Van Dulmen *et al.*, 2022). Иако постоје налази према којима није утврђен позитивни ефекат (Ben-Zvi, 1999), или није довео до побољшаног разумевања (Lubben *et al.*, 1997), већина истраживања доказује бенефите контекстуалног учења. У претходном периоду овај приступ примењен је у 21 % истраживања из области биологије, 37 % из области хемије и око 21 % у осталим природним наукама (Acut and Antonio, 2023). У литератури се проналазе подаци о перцепцији и интересовањима ученика према различитим садржајима природних наука. Тако, на пример, они показују позитивнији став према биологији у поређењу с физиком (Osborne *et al.*, 2003), а хемија им је занимљивија од физике (Perkins *et al.*, 2007). Идентификована је већа мотивација и интересовање ученика за науку (Fortus *et al.*, 2005), боље разумевање садржаја науке (Banks, 1997; Yager and Weld, 1999), релевантност и применљивост знања (Ilhan *et al.*, 2016), као и боље разумевање научних идеја (Tsai, 2000). Такође, закључено је да свакодневни контексти подстичу активности које воде развијању разумевања научних концепата (Sadler, 2004; Putica and Trivić, 2016), што ученике може мотивисати да наставе школовање и размишљају о професионалној каријери (Reid and Skryabina, 2002). Када се упореде резултати дечака и девојчица, истраживања показују да се разлике у њиховим ставовима према науци смањују применом контекстуалног приступа. У поређењу с девојчицама које су училе традиционалним приступом, њихове вршњакиње исказивале су позитивније опште ставове према науци када су училе контекстуалним приступом (Yager and Weld, 1999).

2.5.2. Контекстуални приступ у настави хемије

Млади доживљавају предмете из области природних наука, укључујући и хемију, као нерелевантне, а стечена знања и вештине неупотребљивим, како у свакодневном животу, тако и у професијама којима желе да се баве у будућности (Adamov *et al.*, 2008). Бројни су разлози зашто је учење хемије велики изазов за ученике, а међу њима на првом месту повезивање макроскопског, субмикроскопског и симболичког нивоа представљања садржаја хемије (Johnstone, 1991, 2000) и трансформисање једног нивоа репрезентација у други (Gkitzia *et al.*, 2011). С тим је повезан доживљај ученика о апстрактној природи хемијских појмова, као и различите мисконцепције (Ben-Zvi *et al.*, 1988; Gabel, 1999; Treagust and Chittleborough, 2001; Jong and Taber, 2007; Yakmaci-Guzel, 2013). Хемијска терминологија је изазов ученицима (Herron, 1996; Sliwka, 2003), поготову у условима изостанка одговарајућих аналогичних и модела (Gabel, 1999), као и лоше комуникације између ученика и наставника (Childs and Sheehan, 2009; Erman, 2016). Неусклађеност програмских садржаја са друштвеном свакодневицом (Aikenhead, 1994) може да утиче на однос ученика према учењу хемије.

Као одговор на ове изазове, истраживачи и стручњаци у области образовања истичу важност контекстуалног приступа у настави. Бројна истраживања спроведена су с циљем испитивања ефеката контекстуалног приступа у настави хемије. Овим приступом ученицима је омогућено да конкретизују апстрактне концепте кроз призму животне свакодневице, чиме се осигурава њихово дубље разумевање и остварује блиска повезаност између хемије и животног окружења. Коначно, такав приступ подстиче активно учење ученика и омогућава функционализацију њиховог хемијског знања. Установљено је да утицај контекстуалног приступа показује позитиван ефекат на когнитивне, афективне, психомоторне и социјалне аспекте у настави хемије.

Когнитивни аспекти се односе на процесе расуђивања или размишљања који омогућавају да ученици успешно идентификују и реше одређени проблем (Johnson *et al.*, 2021). Примена приступа заснованог на контексту са предвиђањем, посматрањем и објашењем значајно унапређује концептуално разумевање ученика, при чему је смањен број алтернативних концепта (Baudere, 2021). Истраживања метакогнитивних вештина учења ученика идентификовала су значајна унапређења вештине планирања и међусобне сарадње, као и подстицање саморегулације, уз стварање пожељне климе у учионици (Vogelzang *et al.*, 2021). Такође, учење засновано на контексту у настави хемије унапређује хемијску писменост, вештине научне аргументације ученика (Grooms *et al.*, 2014) и вештине критичког мишљења (Саhyarini *et al.*, 2016; Pursitasari *et al.*, 2020). Коначно, учење засновано на контексту може побољшати креативно мишљење ученика (Baran and Sozbilir, 2018), способност памћења и разумевање научног текста (Dori *et al.*, 2018).

Афективни аспект је везан за ставове ученика према хемијском садржају (Flaherty, 2020). Спроведена истраживања наглашавају значај контекстуалног приступа у подстицању мотивације (Vaino *et al.*, 2012; Ilhan *et al.*, 2016; Slovinsky *et al.*, 2021), позитивне перцепције (Majid and Rohaeti, 2018) и самопоуздања ученика (Gulacar *et al.*, 2020) у области хемије.

Психомоторни аспект је аспект који се односи на вештине ученика које произилазе из примене наученог (Enneking *et al.*, 2019), истраживачке вештине, које укључују руковање лабораторијским прибором, посуђем, апаратима, апаратурама и супстанцама, анализирање података и развој експерименталног приступа (Turiman *et al.*, 2012). Учење хемије у контексту олакшава ученицима повезивање хемијских појмова и вештина потребних за лабораторијски рад са свакодневним животом (Williams and Hin, 2017).

Социјални аспект је аспект учења који се односи на понашање ученика или односе са другим ученицима (Enneking *et al.*, 2019). Кључне компетенције за 21. век идентификују социјалне интеракције као вештине неопходне младима за одговорно друштвено ангажовање (Pešikan, 2020). Контекстуални приступ учењу хемије може значајно побољшати друштвене интеракције међу ученицима, посебно вештине комуникације и међусобне сарадње (Williams and Hin, 2017).

2.6. Индустрија и индустријски производни процеси

Привреда је организована људска делатност чији је циљ производња, размена, расподела и потрошња добара и услуга ради задовољења потреба друштва. Обухвата привредне и ванпривредне делатности. Привредне делатности укључују примарни, секундарни и терцијарни сектор. Ванпривредне делатности чини квартални сектор. Примарни и секундарни сектор привреде чине производне делатности, док терцијарни и кварталарни сектор чине услужне делатности. Примарни сектор привреде обухвата делатности најближе изворима природних ресурса – пољопривреду, шумарство, лов и риболов. Секундарни сектор привреде усмерен је на прераду сировина које су добијене из примарног сектора – индустрија, рударство, производно занатство и грађевинарство. Терцијарни сектор привреде обухвата услужне делатности – трговину, саобраћај, туризам, угоститељство и услужно занатство. Квартални сектор привреде обухвата информације, знања и услуге које су базиране на вештинама – школство, здравство, култура, наука и државна управа.

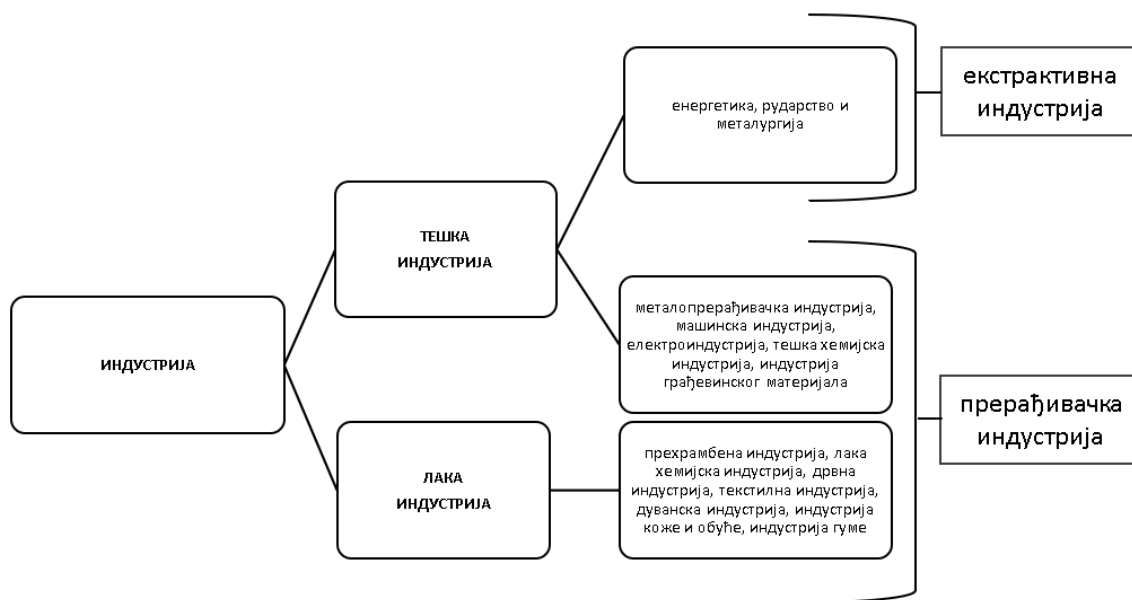
Најважнија делатност секундарног привредног сектора је индустрија. Индустрија је феномен Новог века и један је од главних индикатора којим се описује модернизација сваког друштва (Petrović, 2006), због чега се наводи као кључна делатност за разумевање развоја савременог друштва (Šiljković, 2011).

Термин „*industrialis*” на латинском језику означава марљивост, вредноћу, радност. У енглеском језику термин „*industry*” везује се за општи појам производње, баш као и немачки термини – „*fleis*”, „*betriebsamkeit*”, „*gewerbe*” који се односе на производњу у широком

смислу. За разлику од ових термина, енглески термин: „*manufacuring*” односи се на фабрички рад, а француски термин „*industrie*” на производњу која обухвата ручни рад. Наведени језички термини односе се на различите видове производње, међутим у основи сви се односе на производну делатност (Grčić, 1994).

Индустрија је привредна делатност која се бави производњом енергије, експлоатацијом минералних сировина и прерадом сировина биљног, животињског и минералног порекла уз употребу машина и стручне радне снаге. Степен развијености индустрије одређује привредну развијеност сваке државе.

Према предмету рада индустрија се дели на екстрактивну и прерађивачку индустрију, а према врсти и намени производа на тешку и лаку индустрију (слика 12). Екстрактивна индустрија подразумева експлоатацију минералних сировина, док прерађивачка индустрија обухвата производњу енергије и прераду сировина минералног, биљног и животињског порекла. Тешка индустрија производи средства и материјале који ће бити укључени у даљи процес производње, док лака индустрија производи предмете широке потрошње. На основу наведеног можемо закључити да развој лаке индустрија, у односу на тешку индустрију, захтева мање финансијских улагања и материјалних ресурса. И лака и тешка индустрија имају специфичне изазове и предности који се огледају у конкурентности, заштити животне средине и добрим могућностима професионалне каријере.



Слика 12. Подела индустрије према предмету и врсти рада

2.6.1. Учење хемије током индустријске посете

Како би превазишли проблем смањеног интересовања ученика за учење хемије предлаже се извођење индустријских посета које омогућавају ученицима да увиде практичне импликације научног рада у индустријским окружењима (Chowdhury, 2013). Непосредно искуство и доживљај индустријских производних процеса (Hofstein and Kesner, 2006) важно је у хемијском образовању јер показује допринос знања хемије индустријској производњи и примени ефикасних технологија без којих се тешко може да замисли савремени живот (Nae *et al.*, 1982; Patil *et al.*, 2012).

Ученици током индустријских посета у оквиру хемијског образовања могу обићи погоне за пречишћавање воде, радионице за обраду метала и дување стакла, руднике, каменоломе, топионице, ваљаонице и ливнице метала, производњу технички важних гасова, киселина и хидроксида, солане, постројења за производњу стакла, цемента, керамичких

производа, шпиритуса, сирћетне киселине, шећера и друга фабричка постројења у Србији. Индустриска посета обезбеђује директан доживљај индустријске производње и упознавање ученика с индустријским окружењем, што је добра допуна настави хемије (Hofstein and Kesner, 2006).

Индустријским посетама могу се приказати производни процеси као демонстрација примене хемијских концепата и принципа о којима се учи на часовима хемије (Nae *et al.*, 1982). На тај начин ученици јасније могу да сагледају важност индустријске производње за привредне карактеристике државе. Садржаји индустријских посета могу да допринесу сагледавању хемијско-технолошке, еколошке и друштвене релевантности знања хемије (Nae *et al.*, 1980; Hofstein and Kesner, 2006). У табели 4. приказани су хемијски, технолошки, еколошки и друштвени аспекти индустријске посете.

Табела 4. Аспекти индустријске посете (извор: Hofstein and Kesner, 2006)

Хемијски аспекти	<ul style="list-style-type: none"> • Сировине за индустријску производњу • Чисте супстанце и смеше • Неорганске супстанце • Органске супстанце • Физичка и хемијска својства • Физичке и хемијске промене • Хемијска реакција: реактанти и производи реакције • Фактори који утичу на хемијску реакцију • Брзина хемијске реакције • Топлотни ефекат хемијске реакције • Растварачи и раствори • Оксидација и редукција • Катализатори • Стехиометријска израчунавања у индустријској производњи
Технолошки аспекти	<ul style="list-style-type: none"> • Индустриски процеси • Поставка пилот јединице за индустријску производњу • Оперативне јединице индустријске производње • Грађевински материјал за изградњу индустријског постројења • Процеси и операције у индустријској производњи • Шема производње • Производни погон • Повећање продуктивности производње • Извор и уштеда енергије • Технике складиштења и чувања производа • Транспорт производа
Еколошки аспекти	<ul style="list-style-type: none"> • Зелена хемија • Опасности и ризици • Третман отпада • Одлагање отпада • Токсичност • Токсични отпад • Превенција незгода • Еколошки проблеми • Безбедносна правила • Безбедан транспорт • Рециклажа • Опоравак индустријског постројења • Загађење животне средине • Одрживи развој

	<ul style="list-style-type: none"> • Сигурносна опрема • Безбедно складиштење • Чистоћа сировина и производа
Друштвени аспекти	<ul style="list-style-type: none"> • Локација индустријског постројња • Економски аспекти – профитабилност, снабдевање, понуда, потражња, трошкови производње итд. • Анализирање радне снаге • Лиценцирање запослених • Патенти индустријских производа • Контрола квалитета • Тоталан менаџмент квалитета • Маркетинг и продаја • Политички аспекти

Индустријска посета укључује питања везана за здравље, животну средину и производе хемијске индустрије (Patil *et al.*, 2012). Зато је важно да се у наставним програмима нагласе импликације и манифестације науке, технологије, животне средине, као и друга друштвена и економска питања која су везана за хемију, а могу да се размотре у оквиру индустријске посете (Chowdhury, 2013).

Приликом формирања појмова о индустријским производним процесима потребно је да се омогући ученицима да повежу раније стечена знања о саставу и својствима супстанци са производним процесима у којима настају производи. Такође, за хемијско образовање ученика значајно је да током индустријске посете уоче конструкције и рад индустријских апарата и машина, основне процесе и операције у индустријској производњи. Добити остварени посетом су различита академска знања, унапређене вештине комуникације, јачање упорности, истрајности, одговорности, јачање перцепције, моторичких способности, спретности и снажљивости у проналажењу и употреби ресурса, развијање критичког мишљења, интеграција знања и подстицање интересовања за процес целоживотног учења (Tuckey, 1992, Farmer and Wott, 1995; Fjortoft and Sageie, 2000; Storksdiack, 2006; Bamberger and Tal, 2007; Ziegert and McGoldrick, 2008; Onyeiwu and Nguyen, 2018; Forest and Rayne 2009).

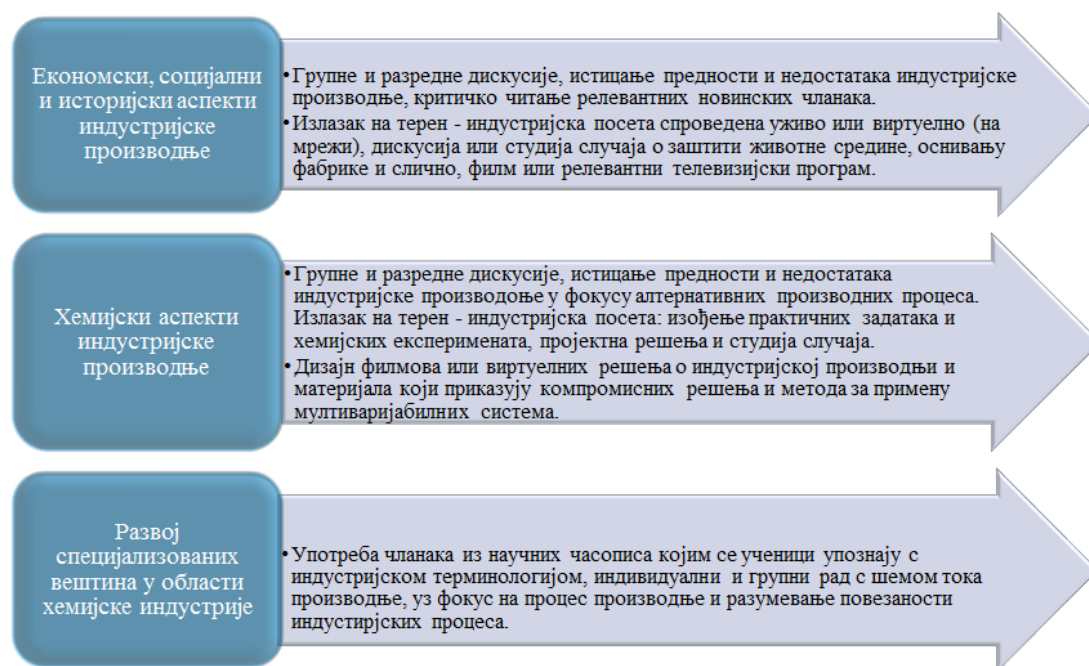
У табели 5 наведен је преглед радова у којима су приказани позитивни ефекти учења хемије у контексту индустријске производње.

Табела 5. Истраживања у којима су утврђени позитивни ефекти учења хемије у контексту индустријских производних процеса

Категорија коришћеног контекста	Контекст	Узраст ученика	Аутори
Земљиште, фосилна горива, ваздух, вода	Стене, руде, минерали и фосилна горива	Средња школа	Pezaro <i>et al.</i> , 1978 Orion and Hofstein, 1994
	Горива	Средња школа	Barker and Millar, 1999 Bennett <i>et al.</i> , 2007
	Ваздух	Средња школа	Hofstein <i>et al.</i> , 2004
	Погон за прераду вода и квалитет воде	Студенти прве године студија	Forest and Rayne, 2009 Jung <i>et al.</i> , 2017
Прерада и добијање неорганских хемијских производа	Бром и његова једињења	Средња школа	Kesner <i>et al.</i> , 1997; Nae <i>et al.</i> , 1980, Bennett <i>et al.</i> , 2007
	Ђубрива	Средња школа	Kesner <i>et al.</i> , 1997

	Производња и прерада бакра	Средња школа	Nae <i>et al.</i> , 1980; Bennett <i>et al.</i> , 2007
	Производња супстанци пореклом из Мртвог мора или минералних наслага	Средња школа	Nae <i>et al.</i> , 1982
Прерада и добијање органских хемијских производа	Производња пластике и полимера	Средња школа	Nae <i>et al.</i> , 1980; Campbell <i>et al.</i> , 1994, Bennett <i>et al.</i> , 2007
	Текстилна влакна, њихова структура и рециклажа	Основна школа	Margel <i>et al.</i> , 2006
	Производња грозђа и вина	Студенти прве године студија	Luck and Blondo, 2012;
	Индустрија сапуна	Средња школа	Chowdhury, 2013
	Пиво - процес ферментације пива	Студенти прве и друге године студија	Hamper and Meisel, 2020; McDermott, 2016

Учење хемије у контексту индустријских производних процеса захтева прилагођавање метода тим условима (Hofstein and Kempa, 1985), а наставници морају да имају специфичне вештине и компетенције за успешно повезивање програмских садржаја хемије са производним процесима током индустријске посете (Kesner *et al.*, 1997). Могу се разликовати три основна приступа (Hofstein *et al.*, 1990), чије су карактеристике представљене на слици 13.

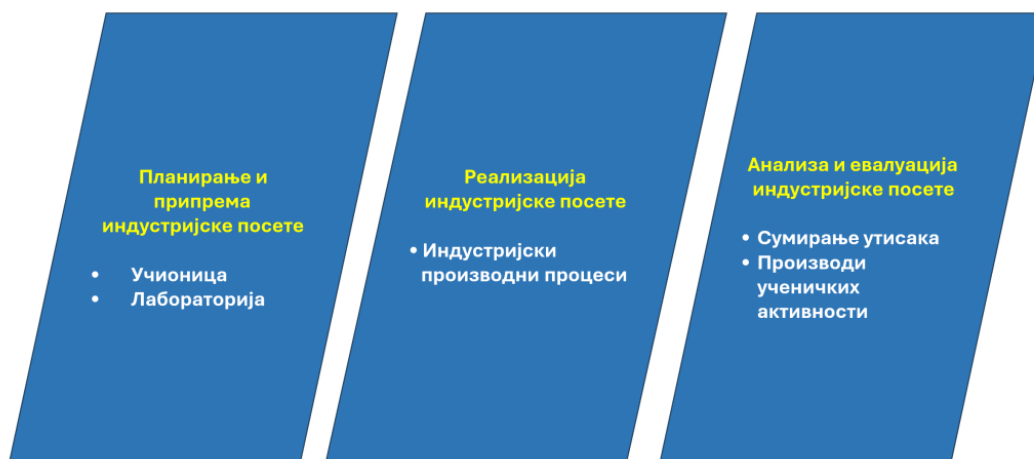


Слика 13. Активности ученика, облици рада и наставна средства за учење у контексту индустријских производних процеса (извор: прилагођено из Kesner *et al.*, 1997)

2.6.2. Организација индустријске посете

Да би се постигли циљеви индустријске посете важно је да наставници направе план активности кроз које ће ученици да уче (Rennie, 2007). Орион (Orion, 1989) разликује три фазе у извођењу индустријске посете (слика 14):

- ❖ фаза планирања и припреме индустријске посете,
- ❖ фаза реализације индустријске посете,
- ❖ фаза анализе и евалуације индустријске посете.



Слика 14. Фазе у извођењу индустријске посете (извор: прилагођено из Orion, 1989)

Планирање и припрема индустријске посете

Посете су облици учења који се одвијају изван учионице, на локацијама које су интерактивне и намењене образовним сврхама (Kisiel, 2006), на којима ученици имају прилику да директно доживе постављено искуство, што доприноси дубљем разумевању градива (Tal and Morag, 2009).

Наставници хемије планирају индустријски излет када желе да демонстрирају примену хемијских концепата и принципа о којима су ученици већ учили на часовима хемије, да илуструју производни процес у хемијској индустрији, демонстрирају значај хемијске индустрије за економију државе, истакну важност индустријских процеса и развијање инжењерских и технолошких аспеката индустријске производње (Nae *et al.*, 1982);

Индустријске посете морају бити прилагођене ученику, његовим потребама и урасту. Важно је да се омогући и повезивање садржаја различитих дисциплина (предмета). Таквим тематским планирањем превазилази се постојећа парадигма традиционалне школе, где је настава подељена на предмете (различите дисциплине) који нису међусобно повезани (Anđelković and Stanisavljević Petrović, 2013).

Индустријски излети се планирају унапред, тако да су усклађени с циљевима плана наставе и учења (Anderson and Zhang, 2003; Kisiel, 2005), годишњим програмом рада школе, годишњим планом рада одељењског већа ученика разреда у коме се индустријске посете изводе и годишњим планом рада стручног већа наставника хемије. На тај начин је с реализацијом индустријске посете упозната управа школе и стручни сарадници. Такође, пре планирања посете, требало би да наставници проуче правилник којим се регулише реализација наставе изван учионице (Anđelković and Stanisavljević Petrović, 2013). Након што се упознају с правном регулативом, а пре реализације индустријске посете, наставници би

требало да сами посете и упознају окружење и индустријско постројење ради утврђивања његовог методичко-дидактичког потенцијала.

Орион (Orion, 1993) наглашава да је припрема и планирање индустријске посете кључно за њено успешно и ефикасно извођење, тј. довођење ученика у контакт с „простором новина” као местом учења и остваривања индустријске посете. Три конститутивне компоненте дефинишу тај „простор новина” приликом индустријске посете (Orion and Hofstein, 1994), а то су: претходно знање ученика, познавање терена посете и претходног искуство у вези с посетом (Orion, 1989).

Модел „простора новина” (слика 15) сугерише да је искуство ученика током посете продуктивније уколико је претходно знање (когнитивни аспект) релевантније што доприноси да ученици буду боље упознати с подручјем посете (географски апсект) и развију позитиван став према излетима (афективни аспект). Утврђени су позитивни ефекти простора новина, деловања наставника и фактора који утичу на припрему и реализацију индустријских посета (Orion, 1993).

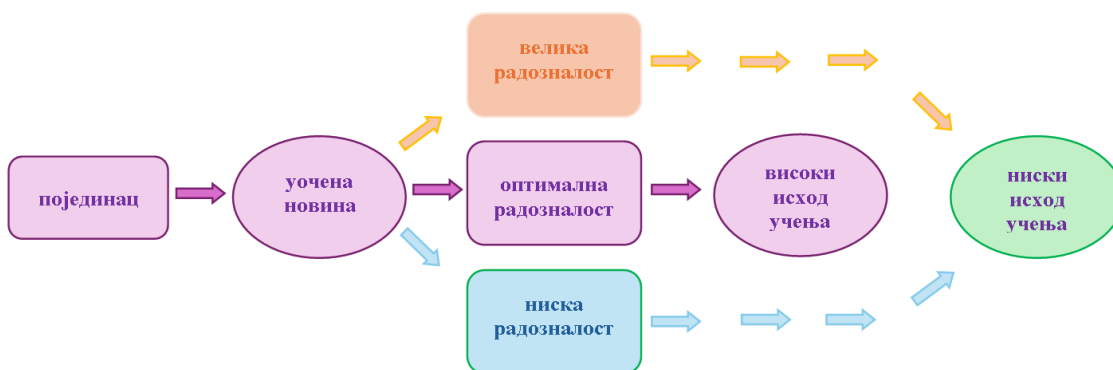


Слика 15. Модел простора новина (извор: прилагођен из Orion, 1983)

Андерсон и Лукас (Anderson and Lucas, 1997) поставили су модел учења који је у функцији новине/радозналости. Они су утврдили да оптимална количина новости у „простору новина” подстиче истраживање, манипулацију и интеракцију с окружењем у коме се одвија процес учења, док премало или превише новости може довести до изостајања радозналости и сниженог нивоа учења (слика 16). Наведено је у складу с теоријом о развоју интересовања (Hidi and Renninger, 2006) и теоријом о учењу кроз интеракцију особе са објектом потенцијалног интереса (Krapp, 1999).

План индустријске посете (слика 17) требало би да укључи и писмено обраћање директору индустријског производног погона уз пратећи опис посете тако да садржи основне податке о индустријској посети.

Након што школа добије одобрење посете, наставник хемије ступа у контакт са особом задуженом за спровођење индустријског излета, тзв. вођа излета, партнер школе у остваривању наставног процеса. Најчешће је то запослени у индустријском производном погону који има склоности за рад с децом. Партнер из локалне средине у којој се индустријска посета реализује упознаје наставника с простором, производним и људским ресурсима, као и правилима које важе у индустријским постројењима (Anđelković and Stanislavljević Petrović, 2013).



Слика 16. Модел учења у фукцији новине/радозналости (извор: Anderson and Lucas, 1997)

Датум: 10. 06. 2018
 Господин Петар Петровић, директор
 Фабрика керамичких производа

Поштовани господине Петровићу,
 Обраћам Вам с молбом да одобрите посету фабрици керамичких производа у коју ће бити укључени ученици _____ разреда ОШ " _____ " из Београда. Посета ће бити одржана у оквиру наставе хемије, са циљем да ученици упознају процес производње керамичких плочица и стекну увид у фазе производног процеса.

Име и презиме наставника: _____
 Број ученика: _____
 Планирано време обиласка: _____
 План посматрања и редослед обиласка:

- Добродошлица и увођење ученика у историјско-географске карактеристике фабрика и технолошком шемом у оквиру процеса индустријске производње.
- Обилазак производних станица уз вођство стручног особља и могућност фотографисања.
- Интервју са стручњацима запосленим у фабрици о хемијским процесима у производњи керамичких производа.

Активности предвиђене за ученике:

- Истраживање сировина које се употребљавају за производњу керамичких плочица
- Експериментална припрема смеше за производњу керамичких плочица уз рад у групама.
- Идентификовање промена које утичу на квалитет и текстуру керамичких плочица
- Истраживање физичких и хемијских карактеристика керамичких плочица у циљу бољег разумевања процеса који су довели до њиховог коначног обликовања.

Молим Вас да нам омогућите организацију посете и пружите подршку у спровођењу активности планираних за наше ученике.

Унапред захвалан,
 _____, професор хемије
 ОШ " _____ " Београд

Слика 17. Модел писма са планом индустријске посете

Припрема ученика и њихових родитеља обухвата информисање о циљу и задацима индустријске посете, временској динамици и активностима током посете. Потребно је ученике и родитеље или старатеље упознати с правилима понашања и рада, с безбедоносним мерама током индустријске посете, правилима одевања и додатним средствима и материјалима које је потребно да понесу (на пример, прибор за писање и цртање, паметни телефон и слично). Наставник прикупља информације од родитеља и старатеља о здравственом стању ученика, на пример, уколико ученици имају астму или је потребно да у одређено време примене адекватну медикаментну терапију (DeWitt and Storksdieck, 2008; Anđelković and Stanisavljević Petrović, 2013). Да би се активности у оквиру индустријске посете успешно реализовале, наставници морају бити едуковани да према циљевима и задацима индустријског излета одаберу одговарајуће наставне стратегије, образовне ресурсе и додатне задатке за ученике током индустријског излета (Hofstein and Kempa, 1985; Hofstein and Kesner, 2006).

Реализација индустријске посете

На почетку индустријске посете вођа пута и наставик хемије подсећају ученике на циљ посете, план обиласка, правила понашања и мере предострожности. Затим, кроз уводни разговор, претходно осмишљен са наставником хемије, упознаје ученике са историјским развојем фабрике, односно индустријског производног погона, географским карактеристикама места где се налазе, улогом у привреди земље, технолошком шемом фабрике и индустријског производног погона. Планиране активности ученика током обиласка ни на који начин не смеју да ометају рад запослених. Ученике је потребно упознати с принципима рада машина, апарата и суштином производног процеса.

Кисиел (Kisiel, 2006) наводи да ће ученик који оствари много веза у интеракцији са предметом, брже и јасније интегрисати научени концепт са претходним знањем. Када ученици посматрају, доживљавају и/или практикују оно што су научили током излета, обично су у стању да боље запамте информације (Nilson, 2010). Индустријска посета је одличан начин за утврђивање претходно стеченог знања (Forest and Rayne, 2009). Развој образовног искуства кроз индустријске посете и учење хемије у контексту индустријских производних процеса може се посматрати у Колбовом моделу искуственог учења (Kolb, 1984).

Модел искуственог учења поставља животно искуство које је критичан део процеса учења у непосредној, реалној ситуацији (Anđelković and Stansavljević Petrović, 2013) тако да се његовом трансформацијом ствара знање (Kolb, 2015). Искуствено учење се према Колбу (Kolb, 1984) може да опише четворостепеним кружним циклусом: конкретно искуство, рефлексивно посматрање, апстрактна концептуализација и активно експериментисање. Ново искуство у учењу стиче се на крају сваког циклуса (слика 18). Примери искуственог учења према Колбу могу да обухвате извођење експеримената на часу хемије, учење о производном ланцу, на пример, у коме се од лана прави ланена кошуља и слично.



Слика 18. Модел искуственог учења (извор: Kolb, 1984)

Браунд и Рајс (Braund and Reiss, 2006) сматрају да је наука уведена у ваншколском контексту стварног света „аутентичнија” и ученици је могу препознати као релевантнију, подједнако и дечаки и девојчице (Hofstein and Kesner, 2015). Током индустријске посете ученици комуницирају са окружењем (Hofstein and Rosenfeld, 1996), приказују и излажу како би стекли искуствену везу са идејама, концептима и предметом учења (Krepel and Duvall, 1981), и на тај начин претходно стечено знање у учионици или лично искуство повезују са искуством које доноси посета. Сарадња школе са локалном заједницом повећава вредност посете и користи целој заједници којој школа припада (Brunton and Coll, 2005). Током обиласка ученици разгледају цео ток производње, од складишта за сировине до готових производа. Ученици могу вршити хемијске анализе и експерименте чиме симулирају индустријски процес (Orion and Hofstein, 1994; Orion, 1993). Такође, они могу да направе шеме индустријског постројења, попуне табеле са подацима о производном процесу, направе колекцију „од сировина до готовог производа”.

Аутентично окружење учења представља значајан фактор у конструкцији знања, јер омогућава повезивање теоријских концепата са реалним искуствима (Beams *et al.*, 2012). Наставне стратегије које се примењују током индустријских посета имају важну улогу у повезивању школског учења са свакодневним животом, у развоју научне писмености ученика и њихове аутономије (Skok, 2002; Uzzell *et al.*, 1995). У том контексту, посебно су значајне следеће стратегије: учење откривањем, истраживањем и решавањем проблема, интерактивно (Schwartz *et al.*, 2005) и пројектно учење, интегративно учење, настава усмерена на деловање, сарадничко учење. Ове стратегије подстичу активну улогу ученика, развој критичког мишљења, самосталност и примену знања у реалним ситуацијама (Terhart, 2001).

Разноврсне активности у оквиру индустријских посета доприносе унапређењу квалитета наставе и јачању сарадње школе са локалном заједницом. Оне омогућавају прелазак са традиционалне, пасивне улоге ученика ка активном учешћу у процесу учења. Овакав приступ подстиче развој целовите личности ученика и доприноси њиховом академском и личном напредовању (Anđelković and Stanisavljević Petrović, 2013).

Тако на пример, активности засноване на стварној несрећи која се догодила у хемијском постројењу решавају се на основу општег знања хемије и вештина формираних експерименталним радом (Hofstein and Kesner, 2006).

Данас се препоручује укључивање експерата током или након посета, који ученицима могу да опишу своју професију и рад (Hofstein and Kesner, 2006). Тиме се доприноси сагледавању релевантности знања за доношење одлука о друштвеној средини у којој живе млади (Stuckey *et al.*, 2013; Sivan *et al.*, 2000). Ученици стичу увид у будуће професије посматрајући индустријске процесе (Sanroman *et al.*, 2010), сазнавајући о искуствима, тимском раду и решавању проблема на радном месту (Riebe *et al.*, 2013; Rajeshwari *et al.*, 2021), као и о вештинама управљања временом и пројектима (Jollands *et al.*, 2012). Експерти из различитих области пружају прилику ученицима да добију информације о будућим школским пројектима (Goldberg *et al.*, 2014), радном окружењу унутар индустријског постројења (Metrejean *et al.*, 2002) и врстама професија и послова, доступним након завршетка одређене школе (Nyamartene, 2012). То може бити корисно за обе стране, ученике и индустрију.

Индустријске посете доприносе: развоју образовања за одрживи развој, јачању еколошке свести, повезивању школе са локалном заједницом, развоју интеркултуралности и друштвене одговорности. Кроз директан контакт са индустријом и експертима ученици развијају вредности и компетенције релевантне за одрживи развој (Delors, 1998; Pešikan, 2010).

Индустријске посете доприносе когнитивном, социјалном и емоционалном развоју ученика (Rickinson *et al.*, 2003). Учење у аутентичном окружењу: подстиче критичко мишљење, развија одговорност и самосталност, унапређује сарадничке вештине, позитивно утиче на ставове према окружењу и здрављу. Истовремено, овај облик учења омогућава повезивање наставних садржаја са свакодневним животом, чиме се доприноси трајнијем и функционалнијем знању.

Евалуација изведене индустријске посете

Ученици би требало да буду оспособљени да разумеју савремене социо-економске, етичке и еколошке проблеме (Chowdhury, 2013). Индустријске посете омогућавају да ученици виде науку изван учионице, тј. у стварним ситуацијама (DeWitt and Storksdieck, 2008), да преиспитују сопствено разумевање научних концепата и њихове практичне примене и да на основу тога унапређују сопствено учење. Такве посете могу да повећају интересовање, мотивацију, способност аналитичког и критичког мишљења, и активно ангажовање младих (Chowdhury, 2013). Контекст у коме се учи требало би да омогући ученицима идентификовање садржаја које сматрају релевантним за себе лично, своје окружење или друштво у коме живе (Kesner *et al.*, 1997; Hofstein and Kesner, 2006; Tytler, 2007; Nentwig *et al.*, 2007; Eilks and Hofstein, 2015).

У оквиру евалуације индустријске посете ученици би требало да извисте о стеченом знању током посете. Наставник би требало да омогући ученицима да саопште своје утиске о посети, да на основу личног искуства изнесу запажања о индустријској посети и да утврди ефекте учења у контексту индустријских производних процеса. Прикупљање таквих података је важно ради корекција приликом планирања следеће индустријске посете, као и њиховог извођења. Своја запажања ученици могу да представе у форми дневника посете у коме наводе запажања, описују постројење, прилажу фотографије и видео записе, или у виду постера и чланка за школски часопис (Anđelković and Stanisavljević Petrović, 2013), изложбе за ученике који нису учествовали у посети, и слично.

Развој и примена информационо-комуникационих технологија у настави хемије омогућавају да се у одређеној мери индустријско окружење доживи виртуелно и да се виде најважнији процеси и у учионици. Индустријски излети у мрежном окружењу подразумевају виртуелне туре кроз индустријска постројења, вебинаре с експертима из хемијске индустрије, виртуелне лабораторијске вежбе, интерактивне симулације индустријских

производних процеса или видео снимке који су посебно дизајнирани за потребе проучавања индустријских производних процеса.

2.6.3. Предности и изазови индустријске посете

Индустријске посете представљају значајан облик искуственог учења, јер омогућавају ученицима да у аутентичном индустријском окружењу стичу знања о реалним производним процесима и развијају способност примене теоријских знања у пракси. Овај облик наставе доприноси повезивању школског учења са реалним светом рада и индустрије. Ипак, поред бројних образовних предности, индустријске посете подразумевају и одређене организационе, финансијске и педагошке изазове који захтевају пажљиво планирање и реализацију.

У табели 6 приказане су кључне предности индустријске посете из перспективе ученика, као и изазови који прате њено спровођење.

Табела 6. Предности индустријске посете из перспективе ученика и изазови у њеном спровођењу

Предности индустријске посете	Изазови индустријске посете
<p>❖ Примена аутентичних искустава: Омогућава ученицима да непосредно доживе индустријске производне процесе, што доприноси дубљем разумевању хемијских појмова и процеса изучаваних у учионици.</p>	<p>❖ Ограничено време и услови реализације: Временска ограничења и спољашњи услови могу умањити обим и квалитет искуства учења.</p>
<p>❖ Повећање мотивације и интересовања: Контекст реалне примене знања подстиче интересовање ученика и унапређује њихову унутрашњу мотивацију за учење.</p>	<p>❖ Финансијски трошкови: Организација посете може бити финансијски захтевна (превоз, осигурање, улазнице).</p>
<p>❖ Развој вештина и ставова: Подстиче развој аналитичког и критичког мишљења, способност решавања проблема, комуникације и сарадње, као и формирање одговорних ставова према образовању и животној средини.</p>	<p>❖ Безбедност и здравствени ризици: Постоји могућност изложености ризицима у индустријском окружењу, што захтева адекватне мере заштите и надзора.</p>
<p>❖ Контакт с експертима и професионална оријентација: Омогућава директну комуникацију са стручњацима, што доприноси бољем разумевању професионалних улога и каријерних могућности. У оквиру виртуелне посете комуникација се може остварити видео конференцијским позивом или форумом за дискусију.</p>	<p>❖ Пасивна улога ученика: Без одговарајућег педагошког дизајна, ученици могу остати пасивни посматрачи без активног учешћа током посете.</p>
<p>❖ Интерактивност кроз виртуелне туре: Виртуелне туре омогућавају интеракцију кроз симулације, видео и дигиталне алате.</p>	<p>❖ Ограничена доступност ресурса: Не могу сва постројења бити доступна, а виртуелне посете могу имати техничка ограничења.</p>
<p>❖ Доступност и флексибилност учења: Онлајн окружења омогућавају приступ различитим индустријским процесима и учење сопственим темпом.</p>	<p>❖ Недостатак актуелности: Индустријске посете могу бити засноване на старим или застарелим технологијама и процесима који више нису репрезентативни за савремену индустрију.</p>
	<p>❖ Ограничења виртуелног искуства: Недостатак непосредног контакта са опремом и окружењем може утицати на разумевање.</p>

У табели 7 приказане су предности и изазови индустријске посете из перспективе наставника.

Табела 7. Предности и изазови индустријске посете из перспективе наставника

Предности индустријске посете	Недостаци индустријске посете
❖ Илустрација апстрактних концепата: Омогућава повезивање теоријских садржаја са реалним индустријским процесима.	❖ Организациона ограничења: Недостатак времена, финансијских средстава и институционалне подршке.
❖ Сарадња са експертима: Доприноси професионалном развоју наставника и обогаћује наставни процес.	❖ Технички и дигитални изазови: Недовољне дигиталне компетенције или технички проблеми.
❖ Већа мотивација наставника: Подстиче иновативност и унапређење наставне праксе.	❖ Одговорност за безбедност: Висок степен одговорности за ученике у реалном окружењу.
❖ Креативност наставника: Омогућава примену различитих наставних стратегија и метода.	❖ Коминикациони и организациони изазови: Сарадња са индустријом и прилагођавање активности ученицима.
❖ Флексибилност виртуелне посете: Олакшано планирање и приступ глобалним ресурсима.	❖ Педагошки изазови: Тешкоће у активирању ученика и вредновању њихових постигнућа.

2.7. Онлајн настава – изазови и перспективе учења на мрежи

Примена дигиталних технологија у образовању ученика на даљину (Kattoua *et al.*, 2016; Pozo *et al.*, 2021) интензивирала се током кризних ситуација (Casey, 2008; Dhawan, 2020) када је интернет постао примарни канал за учење у мрежном окружењу (Yeşiloğlu *et al.*, 2021; Almahasees *et al.*, 2021). Употреба дигиталне технологије суочила је наставнике и ученике са изазовом усклађивања карактеристика онлајн образовања и растуће потребе за знањем (Zhang *et al.*, 2006). Обезбеђивање интерактивности у онлајн настави, као и интеграција традиционалног и онлајн приступа показало је да има потенцијал за постизање бољих ефеката наставе и учења (Stec *et al.*, 2020).

Синхроно и асинхроно учење су два основна приступа онлајн учењу (Fabrizz *et al.*, 2021). Синхроно онлајн учење омогућава интеракцију ученика с наставником и другим ученицима уз добијање повратних информација у реалном времену (Ogbonna *et al.*, 2019). Асинхроно онлајн учење омогућава да ученици самостално остваре интеракцију са садржајима учења, на било ком месту и у било које време, уз подршку наставника када је то потребно (Van der Keylen *et al.*, 2020).

Примена технологије у образовању интегрише окружења за учење, подржавајући идеју целоживотног учења (Yang and Wu, 2012; Faulconer *et al.*, 2018). Изазови у онлајн образовању иницирали су развијање модела образовања у виртуелном окружењу (Casanova, *et al.*, 2006; Kahveci, 2003) и стратегије учења/наставе да би се превазишле тешкоће у учењу (Boesdorfer, 2019). Неки изазови повезани су са техничким проблемима (Santos *et al.*, 2021), потребним компетенцијама за рад с технологијом (Cárdenas Zea *et al.*, 2021), дизајнирањем образовних материјала (Crawford-Ferre and Wiest, 2012), спремношћу ученика за онлајн учење (Faria *et al.*, 2021), интеракцијом између ученика и наставника (Sher, 2009; Nummenmaa and Nummenmaa, 2008), задовољством ученика онлајн учењем (Ferguson and DeFelice, 2010; Quispe-Prieto *et al.*, 2021), као и факторима који могу довести до напуштања наставе.

Онлајн настава не може у потпуности да замени традиционалну, али може да понуди унапређење разноврсним активностима (Lin *et al.*, 2016), као и флексибилношћу у погледу времена и простора (Miyoshi *et al.*, 2012). Такође, ученици могу да унапреде процес учења додатним образовним материјалима, слободно доступним у оквиру интернет извора (Im *et al.*, 2011).

Нека истраживања су показала да онлајн настава и традиционална настава могу да буду подједнако ефикасне (Zogas *et al.*, 2016), док су у другима утврђена боља постигнућа ученика у традиционалној настави у односу на постигнућа у онлајн настави (Figlio *et al.*, 2013), или у настави реализованој према хибридном моделу (Adams *et al.*, 2015). Могу да се комбинују дигитални алати и методе активног учења како би се побољшало искуство у оквиру хибридне наставе.

2.7.1. Хибридна настава

Хибридна настава је модел наставе настао касних 1990-тих (Friesen, 2012) као модел који у основи комбинује традиционалну наставу и наставу која се изводи помоћу платформи за учење (Zmbok, 2012). Са интегрисаном технологијом, ученицима је омогућено окружење за учење у којем је усмереност на наставника у традиционалној настави замењена усмереношћу на активности ученика (Linder, 2017; Saichaie, 2020). У основи хибридног учења, ученици саморегулисано остварују успех током сопственог образовања (Winne and Hadwin, 2010). Истраживања указују да хибридни модел наставе доприноси већој мотивацији за учење (Ferding and Kennedy, 2014), али и развоју вештина комуникације, сарадње,

критичког и креативног мишљења, што доприноси да млади постигну одговарајући успех у свакодневици (Graham, 2019).

Према Стакеру и Хорну (Staker and Horn, 2012), разликују се четири модела хибридне наставе: ротациони модел, флексибилни модел, модел хибридне наставе оријентисан на ученика и обогаћени виртуелни модел.

Ротациони модел хибридне наставе подразумева кретање ученика кроз низ станица за учење, како онлајн тако и ван мреже (Nazarenko, 2015), уз могућност прилагођавања различитим наставним предметима и нивоима учења (Harb, 2019). У основи овог модела јесте ротација целог разреда или одређене групе ученика у оквиру разреда, или подела ученика на мање групе с ротацијом група у активностима (Staker and Horn, 2012). Свака од група ученика смењује се на одређеним станицама које су предвиђене за учење, а које укључују различите активности (Truitt and Ku, 2018). Истраживања указују на исплативост овог модела наставе јер се смањују потребе за физичком учионицом и штеде инфраструктурни материјали (Kulichenko *et al.*, 2024). Ротациони модел хибридне наставе разликује четири подмодела: модел ротационе станице, лабораторијски модел, модел изокренуте учионице и модел индивидуалне ротације. Од наведених подмодела у настави је најчешћа изокренута учионица. Организација изокренуте учионице обухвата припрему наставника који креира различите наставне материјале за учење (Bergmann and Sams, 2012). Ученици добијају приступ наставном материјалу пре наставе и на тај начин се контролише време, место и ритам учења (Staker and Horn, 2012). Таџи се тако могу да усмере на задатке који захтевају когнитивне вештине вишег реда на самом часу, на пример, на решавање проблема, уз дискусију на релацији наставник-ученик, ученик-наставник или ученик-наставник-ученик.

Флексибилни модел хибридне наставе односи се на наставу чији се садржај испоручује првенствено онлајн и ученици се крећу по индивидуално прилагођеном распореду (Throne, 2003). Наставник или други учесници наставног процеса пружају подршку уживо по потреби кроз активности које укључују инструкције у малој групи, групни пројекат или индивидуалну обуку (Hrastinski, 2019).

Модел хибридне наставе који је оријентисан на ученика, по коме ученици похађају онлајн наставу из једног или више предмета, уз примену система подршке на мрежи, као допуну традиционалној настави у школи. Овај модел учења оправдан је различитим факторима који укључују приступ предметима који нису предвиђени у школи или су од интереса за додатни рад ученика, а омогућава ученицима да уче флексибилно, било где и било када, уз интеракцију и повратну информацију од стране наставника (Dakhi *et al.*, 2020).

Обогаћени виртуелни модел хибридне наставе је модел у коме ученик дели своје време између окружења за учење на мрежи и ван мреже (Hrastinski, 2019; Lakho, 2022). Овај модел омогућава ученицима да заврше наставу из одређених предмета код куће или изван школе уз похађање обавезних сесија с наставником.

2.7.2. Употреба Web 2.0 технологија у настави хемије

World Wide Web (Web) је систем међусобно повезаних хипертекстуалних докумената којима корисници приступају употребом интернета (Kujur and Chhetri, 2015). Овај систем корисницима пружа могућност увида у документе и медије уграђене унутар докумената путем хипервеза. Web страница (website) је документ који је написан на HTML језику и садржи уграђене различите медије с могућношћу приказивања садржаја медија интернет корисницима уз помоћ веб претраживача (Berghel and Blank, 1999) инсталираног на рачунарском систему. World Wide Web (Web) је од свог настанка до данас прошао низ трансформација (Keshab, 2022), при чему је у свакој фази његове еволуције омогућена нова технологија и начин интеракције с корисником (слика 19).



Слика 19. Развој Web-а

Појава Web-а омогућила је развој Web алата који олакшавају креирање, уређивање и управљање веб страницама и апликацијама, стварајући корисницима потпуније искуство. Иако данас на тржишту постоји велики број различитих Web алата, они се због разноврсне функционалности тешко могу категорисати према јасно дефинисаним критеријумима. Стога, у контексту образовања, Web алати се могу категорисати према критеријуму намене, уз могућност додатне категоризације према врсти намене и типу садржаја.

Web 2.0 технологије примењују начин употребе и услуге веба (Weller, 2007), олакшавајући комуникацију и сарадњу на интернету (Alexander, 2006), уз могућност коришћења различитих ресурса за учење и стално усавршавање. Термин „Web 2.0” сковао је Tim O’Reilly како би објаснио скуп дизајна и функционалних карактеристика веб странице (Hew and Cheung, 2013), тј. прелазак веба на динамичне и интерактивне аспекте, фокусирајући се на партиципативну интеракцију корисника. Web 2.0 технологије омогућавају обогаћивање онлајн наставе, интерактивност и ангажовање ученика (кроз платформу за дељење медија, развој и изградњу знања у виртуелном окружењу за учење (Vejjar and Voujelbene, 2014; Yarıcı, 2022). Образовне Web 2.0 технологије карактеришу међусобно повезане димензије које укључују: партиципативни и отворени web, сарадњу, друштвеност, отворену учионицу, web као платформу за учење (Jimojiannis *et al.*, 2013).

Web 2.0 технологије могу да подржавају развој вештина 21. века попут критичког мишљења, дигиталне писмености и комуникације (Pascopella, 2008) у дизајнираним окружењима за учење који су независни од простора (O’Reilly, 2007), чиме омогућавају ученицима да остваре нове улоге креатора знања, уредника и евалуатора. Сарадња и размена информација у оквиру групе су кључни за стварање аутентичног искуства учења (Thom-Santelli and Millen, 2009) којим Web 2.0 технологије подржавају онлајн учење хемије, засновано на социо-конструктивистичкој теорији учења (Chitanana, 2020). На тај начини Web

2.0 технологије могу да повећавају мотивацију ученика (Wankel and Blessinger, 2013), иницирају развијање вештина решавања проблема и размене знања (Koehler and Ertmer, 2016), истовремено олакшавајући процес читања, мишљења и писања. Да би се унапредиле могућности учења и наставе у виртуелном окружењу, испитивани су ефекти интеграције Web 2.0 технологија у наставу хемије, а преглед радова приказан је у табели 8.

Табела 8. Ефекти интеграције Web 2.0 технологије у наставу хемије

Web 2.0 технологије			
Категорија Web 2.0	Назив Web 2.0	Референца	Закључак истраживања
Социјалне мреже	Instagram	Ye <i>et al.</i> , 2020	Инстаграм се показао корисним за допуну постојећих уводних часова органске хемије.
	TikTok	Hayes <i>et al.</i> , 2020	TikTok, примењен за креирање креативних и занимљивих едукативних видео записа о хемији у животној свакодневици, поспешује мотивацију за учење.
	Facebook	Geyer, 2014	Facebook омогућава ученицима да идентификују важност учења хемије у контексту студије случаја контаминација воде и играчака, интегрисане у наставу опште хемије.
Блоговање	WordPress	Azizah and Lutfi, 2023	Утврђен је висок степен изводљивости, практичности и ефикасности WordPress у настави хемије за унапређење визуелне интелигенције.
Викији	Wiki	Moy <i>et al.</i> , 2010	Уређивање садржаја хемије на Википедији омогућило је да ученици раде заједно, да истражују напредне концепте у хемији и да науче на који начин да пренесу хемију у оквиру друштвене заједнице.
		Martineau and Boisvert, 2011	Уређивање чланака на Википедији показало се корисним за развијање критичког анализирања прилога на Википедији.
Мултимедијални садржаји	QR-Code	Bonifácio, 2012	Развој постера о Нобеловим наградама у хемији, с хронолошки кодираним QR кодовима, омогућава да ученици, појединачно и у групи, истражују добитнике Нобелових награда.
	Flash cards	Pursell, 2009	Употребом флеш картица за мобилни телефон ученици су унапредили знање о номенклатури, структури и хемијским реакцијама у органској хемији и исказали позитиван став према њиховој употреби.
		Draghici and Njardarson, 2012	Употреба флеш картица унапређује знање ученика о органским синтезама, укључујући избор супстрата, реагенса и производа органске реакције.
	Flicker	Waycott and Kennedy, 2009	Употреба Flicker за постављање фотографија хемијских процеса с циљем да се повеже формално учење са свакодневицом и да се размене знања с вршњацима није унапредило процес учења, мада су ученици навели да су имали корист од ове примене.
Онлајн колаборација	Gather.town	Pang <i>et al.</i> , 2023	Gather.town у лабораторијским сесијама олакшава интеракцију и унапређује ефикасност комуникације између едукатора и студената користећи индивидуализоване 2D постере и аватаре.
	Zoom	Gemmel <i>et</i>	Zoom за интерактивне активности између ученика и

Управљање учењем		<i>al., 2020</i>	наставника, поспешује колаборацију током учења у областима опште и органске хемије.
	Popplet	Balasundram and Karpudewan, 2021	Употреба Popplet стимулише ученике да визуелно представљају информације, што доприноси развоју њихових когнитивних способности и бољем разумевању концепата о прелазним металима, смањујући појаву алтернативних концепата.
	Kahoot	Youssef, 2022	Kahoot се може употребити као ефективан начин за проверу знања.
	Socrative	Olić Ninković <i>et al.</i> , 2022	Примена Socrative има позитиван ефекат у евалуацији знања о смешама и антибиотицима, пружању повратних информација у реалном времену, повећавању ангажмана и мотивације на часу.
	Learning Apps	Şeker and Yalçın-Çelik, 2023	Learning Apps могу се успешно применити за евалуацију учења о киселинама, базама и солима.
	Moodle	González <i>et al.</i> , 2014	Moodle систем за управљање учењем може подстаћи развој вештина за учење у области опште хемије, истовремено јачањем предзнања ученика о хемијским концептима и побољшавањем вештине самопроцене.
		Reyes <i>et al.</i> , 2022	Примена више облика испоруке садржаја (анимације, интерактивне симулације, видео записи) у оквиру Moodle система за учење додатно је унапредило учење о хемијској вези у оквиру наставе опште хемије и омогућило бољу функционализацију знања.
	Alhemy	Algar <i>et al.</i> , 2022	Развој и имплементација Alhemy у настави хемије пружа прилагодљиву и занимљиву могућност вежбања научног начина размишљања и решавања проблема, као и повратне информације.
	CHEM21	Hurst <i>et al.</i> , 2019	Применом CHEM21 иницира се зелено и одрживо хемијско образовање у оквиру конструисања системског оквира размишљања у вези с производњом лекова.
	Edpuzzle	Pulukuri and Adams, 2020	Интерактивни елементи Web 2.0 технологија укључени у наставне филмове о електролитичкој дисоцијацији кухињске соли у води подстичу радозналост ученика и подржавају формирање очекиваних постигнућа ученика.
	Authorware educational Web	Bernard <i>et al.</i> , 2017	Примена blended learning model, која обухвата комбинацију класично организованих часова, обрнуте учионице и елемената учења на даљину, допуњених различитим мултимедијалним ресурсима, показује ефикасност у настави и задовољство студената.
	DiscoverOChem	Jakobsche <i>et al.</i> , 2023	DiscoverOChem доприноси функционизацији знања у области органске хемије.
Brewing system	Nielsen <i>et al.</i> , 2016	Платформа о производњи пива са уграђеним експериментима који обухватају технологију пиварства, сојева квасца, хмељ, кључање сладовине и топлотне измењиваче, унапређује учење хемијских концепата.	

	Aspen	Pradhan and Madihally, 2022	Настава уводних лекција о хемијској технологији која укључује симулацију производње метнаола може се унапредити применом Aspen.
	VE platforms for acid-base titration	Kolil <i>et al.</i> , 2020	Виртуелне платформе са лабораторијским садржајима доприносе савладавању анксиозности ученика према експериментима о киселинско-базним титрацијама.
	Stereochemistry	da Silva Junior <i>et al.</i> , 2021	Stereochemistry пружа ефикасну алтернативу традиционалним методама учења, развијајући стратешко мишљење и унапређујући позитивно решавање стереохемијских проблема.
Друштвене игре и забава	Playingcards	da Silva Junior, <i>et al.</i> , 2023	Истраживања примене друштвене игре на Playingcards Platform показују њен потенцијал за сарадничку интеракцију међу ученицима и унапређивање њиховог знања о реактивности органских једињења.
	CHEMTrans	Li <i>et al.</i> , 2022	CHEMTrans хемијска игра помаже ученицима у раду с хемијским једначинама, унапређује сарадничке способности и научну писменост.
	Picture Chem	Kavak and Yamak, 2016	Picture Chem игра може допринети унапређењу знања ученика о називима и функцијама уобичајене лабораторијске опреме.
	Substrate App: Hybridization Exercise	Petritis <i>et al.</i> , 2022	Вежба која укључује хибридизацију у органској хемији, интегрисана у игру, помаже ученицима да унапреде просторне способности у органској хемији правећи корелацију између 2D и 3D структура.

У овој докторској дисертацији фокусираћемо се на значај Web 2.0 платформи (Padlet, Learning Apps, G-meet и Genially) које ће бити употребљене у педагошким експериментима у оквиру ове докторске дисертације.

Padlet

Падлет (Padlet) је бесплатна Web 2.0 платформа који корисницима омогућава креирање окружења за учење у оквиру виртуелне огласне табле (Weller, 2013), тако да је корисници могу испунити различитим мултимедијалним ресурсима (слика 20) и делити уз друге Web 2.0 алате (Haris *et al.*, 2017). У примени није потребно да се креира налог за ученика, већ се шаље приступни линк (Boateng and Nyamekye, 2022). Употреба ове Web 2.0 платформе омогућена је без преузимања софтвера (Ramadhani *et al.*, 2023), без временског ограничења и одређеног места употребе помоћу електронског уређаја који подржава интернет конекцију (Setiawati, 2020).

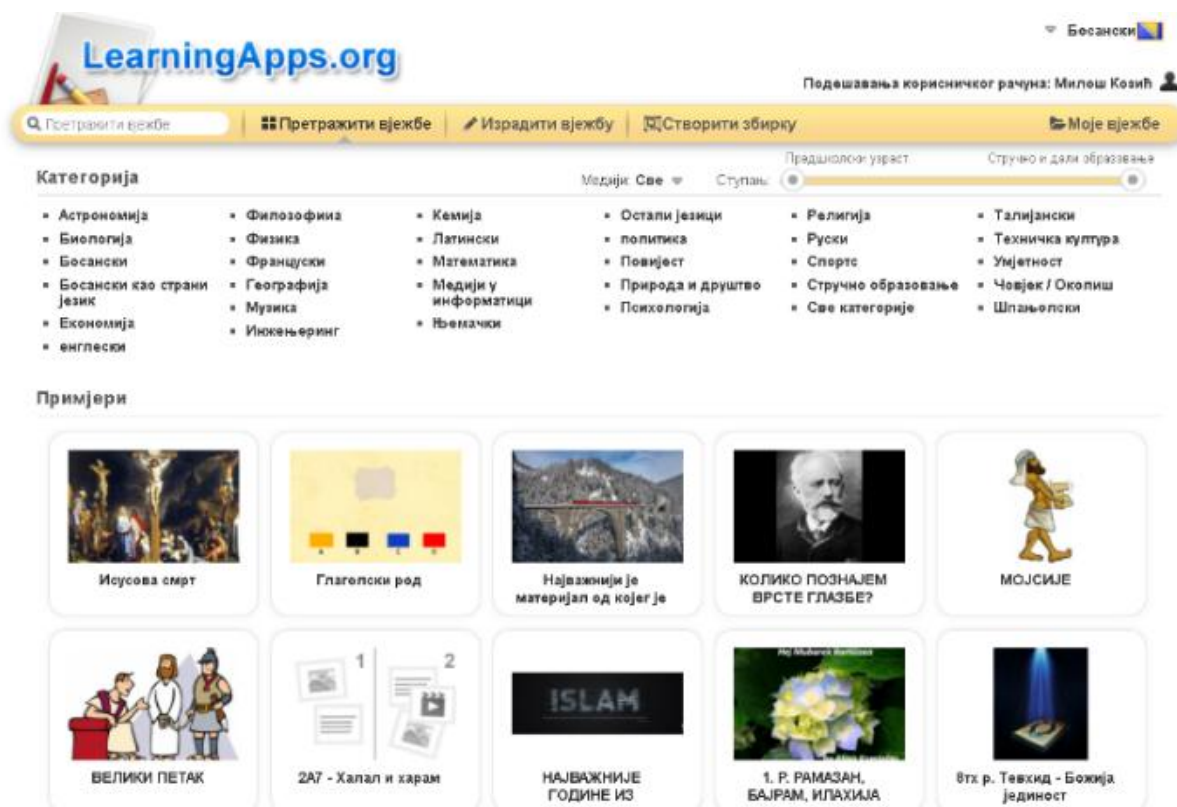


Слика 20. Приказ Padlet интерфејса

У оквиру Падлета ученици могу бити анонимно ангажовани у различитим активностима (Bravo *et al.*, 2018), док се евалуација њиховог рада може да изводи у реалном времену (Fuchs, 2014). Падлет олакшава колаборацију ученика у виртуелном окружењу за учење (Gill-Simmen, 2021) тако да сваки ученик има прилику да активно учествује у дискусији (Pollock, 2016). Стална интеракција с наставницима и ученицима, и скраћено време кашњења одговора у дискусијама (Fisher, 2017), доводи до бољег ефекта у учењу коришћењем Падлета (Ornellas and Muñoz Carril, 2014), развоја вештине писања (Ferris, 2023), унапређења способности колаборације (Nikolaeva and Korol, 2021) и мотивације за учење.

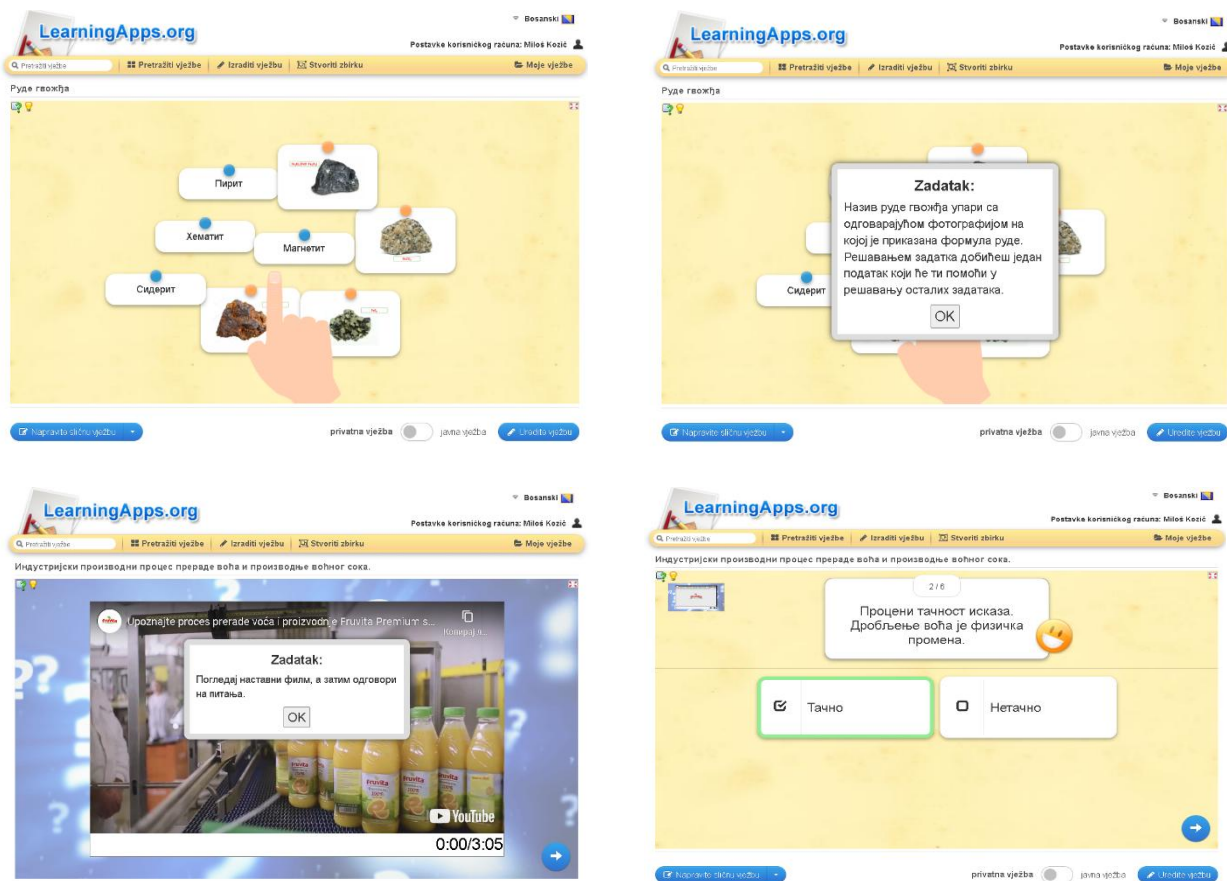
Learning Apps

Learning Apps је Web 2.0 платформа (слика 21) која омогућава да наставници и ученици креирају интерактивне и мултимедијалне задатке. Корисницима платформе доступни су различити модели шаблона за израду интерактивних задатака који се могу попунити садржајем по избору. Употребом ове платформе корисници креирају блокове (назване „Apps“) који се могу уградити унутар наставних ситуација. Такође, платформа омогућава мултимедијално учење и сарадњу која се може интегрисати на различите платформе и пратити уз помоћ паметних телефона или таблета.



Слика 21. Learning Apps интерфејс

Learning Apps има велики број задатака за различите наставне предмете, а наставници их уз бесплатну регистрацију могу преузети, допунити по сопственом извору и употребити у наставној пракси (слика 22).



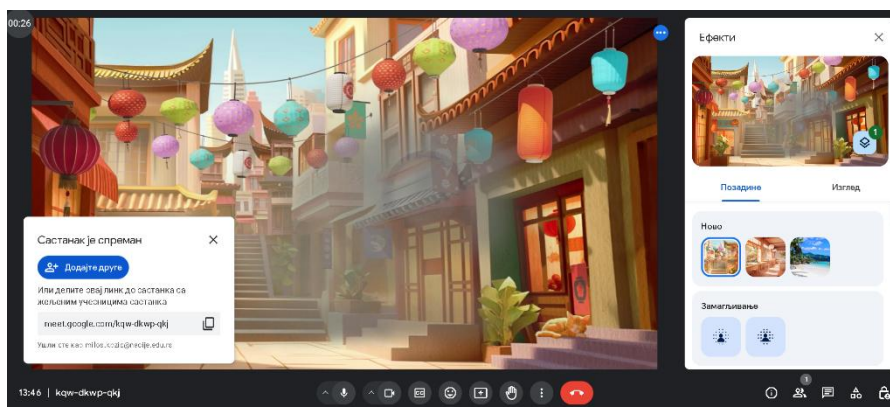
Слика 22. Задаци креирани у оквиру Learning Apps

Google meet

Google meet (G-meet) платформа употребљава се за остваривање директних или конференцијских веза (Purwanto and Tannady, 2020; Singh and Soumya, 2020). Платформа је доступна персонализованим електронским уређајима уз помоћ интернет претраживача (слика 23).

Употреба платформе је брза, лака и практична (Nehe, 2021). Има уграђену заштиту која осигурава безбедност корисника (Pratama *et al.*, 2020; Baber, 2020). Предности употребе платформе укључују занимљив интерфејс, доступну таблу за предавања, висококвалитетан видео приказ, видео енкрипцију, допринос широј публици (Singh and Soumya, 2020) уз функцију дељења екрана што олакшава процес учења (Sawitri, 2020). Корисник започиње употребу платформе придруживањем уз помоћ позивног линка за заказану сесију или уноса кода састанка. Корисници уз омогућавање камере и микрофона приликом покретања платформе могу остварити три врсте интеракција: наставник-ученик, ученик-ученик или ученик-наставник (Nehe, 2021).

Истраживања у примени ове платформе омогућила су да се уочи њен допринос ефикасности учења (Кариг, 2023) и побољшању комуникационих вештина ученика (Fakhruddin, 2019). Уочено је да употреба ове платформе у настави доприноси развијању самопоуздања код ученика слабијих постигнућа (Nilayon and Brahmakasikara, 2018). Наставници би требало да мотивишу учеснике у комуникацији (Putra, 2021), док ученици на тај начин могу бити задовољни јер од наставника добијају директна објашњења у случају потенцијалних нејасноћа у савладавању градива (Baber, 2020).



Слика 23. Google meet интерфејс

Genially

Genially је интерактивна, мултимедијална платформа, бесплатна и визуелно привлачна (Deris and Shukor, 2019), чиме учењу даје динамичнију и занимљиву димензију (Ni'mah *et al.*, 2022). Genially је лако доступан на свим уређајима са интернет конекцијом (Hermita *et al.*, 2022). Уз помоћ Genially платформе наставници могу креирати иновативне наставне материјале (Enstein *et al.*, 2022). Ова платформа пружа могућност креирања пројеката у форми анимираних и видео презентација, постера, игара, квизова и другог интерактивног садржаја (слика 24).

Упознајмо индустрију

- Индустрија је делатност у којој се **СИРОВИНЕ** (најчешће **СМЕШЕ** чији су састојци хемијски елементи и хемијска једињења) прерађују у **ПРОИЗВОДЕ** помоћу машина и употребљавају у свакодневном животу.
- Описани ток индустријских корака (основне фазе и процеси) назива се **ИНДУСТРИЈСКА ПРОИЗВОДЊА**.

Клики, прочитај и одговори

Канџе су вредности проналаска парне машине у другој половини 19. века за развој индустријске производње?

Слика 1. Локомотива на парни погон. Употреба парне машине омогућила је развој индустријске производње.

Слика 24. Genially интерфејс

Наставници могу да у одабрани профил садржаја укључе различите интерактивне елементе попут текстова, линкова, видео и аудио снимака, фотографија, слика, скица и анимација. Genially се може користити за развијање динамичних часова хемије који побољшавају знање, мотивацију, критичко мишљење и ангажовање ученика, пружајући им повратну информацију о процесу учења у реалном времену, што омогућава праћење разумевања и напретка током процеса учења (Peñas-Garzón *et al.*, 2025)

2.7.3. Учење на даљину у мултимедијалном виртуалном окружењу

Мултимедије, као комбинације више медијских елемената, различитих по форми и функцији, са самосталним садржајима (Sethi, 2005), развијају се с циљем да се ангажовањем више чула реалније и атрактивније прикажу процеси, појаве или догађаји, и тиме омогући потпунији доживљај (Maier, 2001). У поређењу са традиционалном наставом у учионици, помоћу квалитетног мултимедијално представљеног образовног материјала и уз интерактивност, могу се обухватити обимнији садржаји (Mai and To, 2001).

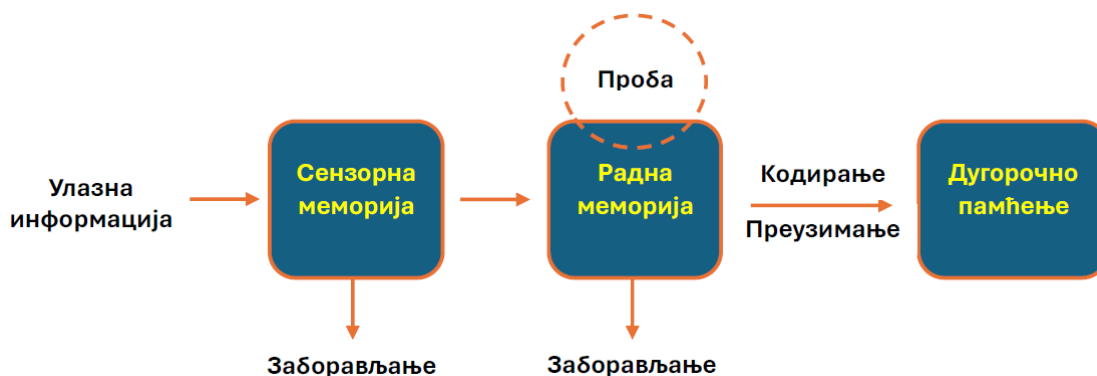
У основне елементе мултимедије убрајају се: текст, слика, звук, анимација, видео снимци и интерактивност (Sarokin, 2019; Plass *et al.*, 2012). Комбиновањем основних мултимедија настају сложени облици мултимедије. Неки од њих укључују само основне елементе, док је за изградњу других неопходна интеграција текста, слике, звука, анимације, видео-снимака и интерактивности. Данас се сложени елементи мултимедије најчешће користе као дигитални материјали у виду дидактичке игре, симулације, презентације, едукативних стрипова, електронских уџбеника, подкаста, скринкаста или наставних филмова.

Употреба мултимедије у настави хемије доприноси да ученици изграђују менталне моделе помоћу слика, анимација, симулација и стварних објеката што може да резултује у успешном учењу хемијских садржаја (Stieff *et al.*, 2012). Ученици могу да селектују релевантне информације, организују их и повезују у нова знања. Добит од примене мултимедије у настави и учењу хемије је у олакшавању сагледавања три нивоа репрезентација (макроскопског, субмикроскопског и симболичког), њихово међусобно допуњавање и прожимање (Sausan *et al.*, 2020).

Многе дигиталне учионице које су у потпуности фокусиране на подучавање применом нових образовних технологија користе електронске уређаје и интерактивне платформе за подучавање ученика. Образовне апликације и веб странице које се користе у дигиталној учионици омогућавају да се побољша искуство учења и повећа ентузијазам у учењу. Тиме доприносе лакшем и интерактивнијем дељењу знања (Haleem *et al.*, 2022) уз добијање правовремених повратних информација од стране наставника.

2.7.4. Теорија когнитивног оптерећења

Теорија когнитивног оптерећења објашњава оптерећење приликом обраде информација изазване задацима и креирање знања у дугорочном памћењу (Schnotz and Kürschner, 2007). Према овој теорији улога когнитивног капацитета у радној меморији је важна за успешан исход у процесу учења (Mousavi *et al.*, 1995; Van Merriënboer and Sweller, 2005). На слици 25 је приказан модални модел аспекта људске когнитивне архитектуре (Atkinson and Shiffrin, 1968) који укључује сензорну, радну и дугорочну меморију (памћење).



Слика 25. Шематски приказ когнитивне обраде информација (извор: Van Merriënboer and Sweller, 2005; Sweller, 2023)

Радна меморија употребљава се за обраду информација, док се дугорочна меморија употребљава за чување информација и каснију употребу (Sweller, 2023). Памћење је когнитивни процес којим примамо, обрађујемо, здржавамо и касније користимо информације на основу стварања записа, тј. физичких трагова учења у нервном систему (енграм). Когнитивна обрада информације одвија се кроз три фазе: пријем, обрада и складиштење информације (Huang *et al.*, 2009). У првој, пријемној фази у сензорној меморији долази до привременог складиштења информација, тј. дражи, које су окупирали нашу пажњу уз унапред одређене критеријуме попут квалитета, интензитета или важности. Временско ограничење сензорне меморије је око пет секунди, а њен капацитет износи до два елемента. Информације које нису достигле ову фазу обраде информација губе се из сензорне меморије. Одабране информације даље из сензорне меморије бивају премештене у радну меморију која је најзначајнија људска когнитивна архитектура (Taylor, 2005).

У радној меморији започиње свесна обрада дражи коју прати процес размишљања и њеног утврђивања (Baddeley and Logie, 1999). У оквиру система радне меморије разликују се два подсистема, први који се употребљава за чување визуелно-просторних информација (нпр. дијаграми, писани текст и слично) и други који се односи на фенолошке информације попут нарације (Baddeley and Hitch, 1974). Радна меморија је ограничена у трајању и капацитету (Atkinson and Shiffrin, 1968). Временско ограничење радне меморије износи око 30 секунди. Према Кларку и сарадницима (Clark *et al.*, 2011) људи у оквиру радне меморије могу да обрађују две или три информације у исто време, док у сваком тренутку могу задржати 7 ± 2 информације (Miller, 1956). Током ове фазе губе се неувежбане и неважне информације. Ментална активност која се остварује обрадом информације у овој фази назива се когнитивно оптерећење (Paas *et al.*, 2004) и обухвата димензије менталног оптерећења и менталног напора (De Jong, 2009).

Процесуиране информације кодирају се и складиште из радне меморије у дугорочну меморију чинећи дугорочно памћење у облику шема (Kalyuga, 2010), где информације могу остати до краја живота (Sweller, 1994; Kirschener *et al.*, 2006), или се изгубити у случају пропадања нервних ћелија. Према теорији когнитивног оптерећења, оптерећење радне меморије обухвата три категорије - интринзично, спољашње и везано когнитивно оптерећење (Paas and Sweller, 2014), које резултују у укупном когнитивном оптерећењу и не премашују капацитет радне меморије (слика 26). Три различита когнитивна оптерећења су адитивна, а избегавање великог спољњег и интринзичног когнитивног оптерећења важно је за осигуравање довољног простора у радној меморији (Paas *et al.*, 2003).



Слика 26. Категорије когнитивног оптерећења (извор: Krieglsterin *et al.*, 2022)

Интринзично когнитивно оптерећење односи се на сложеност материјала или вештине коју треба научити, тј. интерактивност елемената, или број елемената који се морају обрадити у радној меморији како би дошло до успостављања кључне везе између елемената информација, њиховог интегрисања и конструкције меморијске шеме (Orto and Longo, 2019; Sweller, 1994; Sweller *et al.*, 1998). На интринзично когнитивно оптерећење не може се директно утицати (Cooper, 1998), али се може контролисати редоследом увођења елемената, најпре уз изоловани елемент, а касније уз интерагујуће елементе (Pollock *et al.*, 2002). Учење постаје сложеније када је унутрашње когнитивно оптерећење веће.

Спољашње когнитивно оптерећење односи се на наставни материјал изложен радној меморији, а које директно не доприноси процесу учења (Ayres and Sweller, 2005). Утврђено је да процес учења може бити отежан дељењем пажње када ученици истовремено обрађују различите информације, презентоване одвојено, када немају предзнање или изграђене шеме у дугорочној меморији које могу да помогну у решавању проблема (Sweller, 1993), или када материјал учења у фокус поставља само један аспект радне меморије уз чување више информација истовремено (Craig *et al.*, 2002). Истраживања указују да је могуће смањити спољашње когнитивно оптерећење, али да постоје границе у његовом потпуном уклањању (Ainsworth, 2006).

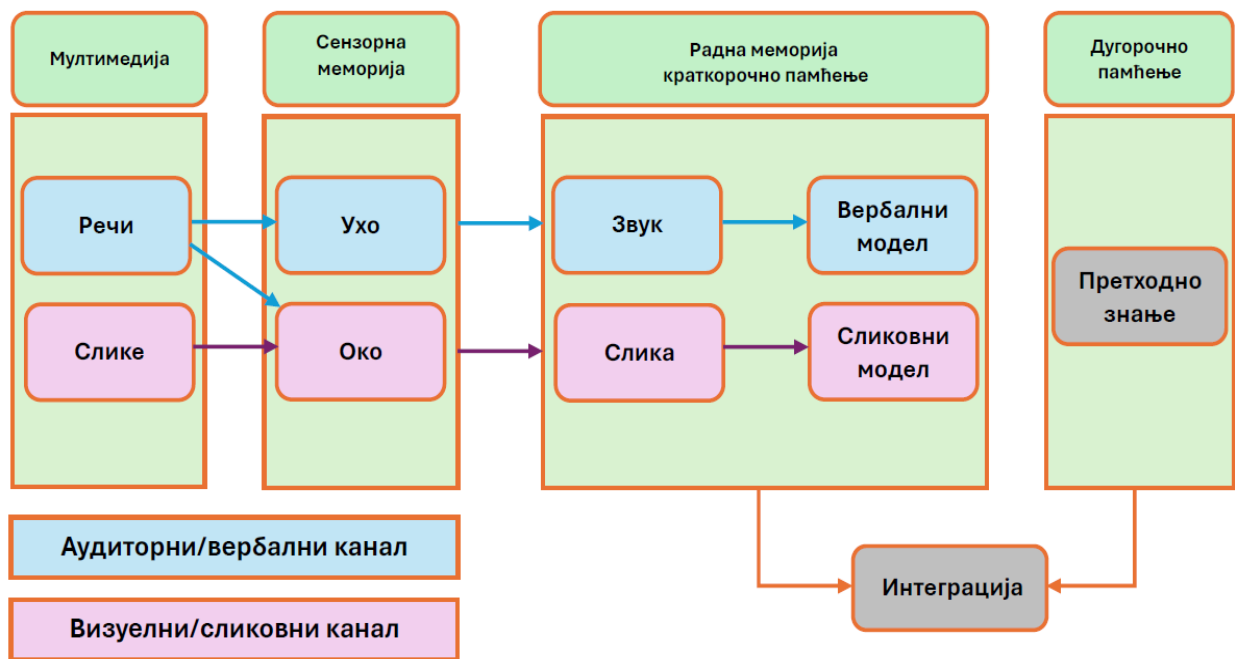
Везано когнитивно оптерећење укључује процесе интерпретације и организације (Mayer, 2002), што подстиче саморегулацију и доприноси ефикасности учења.

2.7.5. Теорија когнитивног мултимедијалног учења

Мултимедијално учење обухвата употребу различитих медијских формата којим се представља наставни садржај (Aldag and Sezgin, 2003). Мултимедијални дизајнирани материјали који се обрађују процесом учења укључују текстулане елементе, наравију или текст, и визуелне елементе попут илустративних шема, фотографија, анимација, наставних филмова (Mayer, 2014).

Мајерова теорија когнитивног мултимедијалног учења развијена је на основу истраживања ефеката примене текста и илустрација на постигнућа (Mayer, 1989), уз закључак да комбинација илустрација с текстом унапређује ефекте учења.

Теорија је развијена на основу идентификовања односа когнитивног оптерећења, радне меморије и инструкција у склопу мултимедијалног учења (Mayer, 2001). У својој основи, теорија мултимедијалног когнитивног оптерећења описује низ процеса који се одвијају док ученик ствара менталну шему уз мултимедијално окружење учења (слика 27).



Слика 27. Когнитивни процеси учења у мултимедијалном окружењу (извор: Mayer, 2014)

Први корак у учењу у мултимедијалном окружењу јесте примање информација из наставног садржаја кроз процес гледања и слушања, при чему се информације смештају у краткорочну сензорну меморију. Након тога, опажене текстуелне и визуелне информације се обрађују кроз одговарајуће канале, а значајни ресурси радне меморије се употребљавају за стварање односа међу њима и подсећање на претходно знање. Овај процес омогућава стварање и модификацију когнитивне шеме у дугорочној меморији. Већи ефекат мултимедијалног приступа се постиже када ученици добијају објашњење речима и сликама, а не само речима (Mayer, 2002).

Мајер и Морено (Mayer and Moreno, 2003) дефинисали су три основна принципа мултимедијалног учења:

- ❖ **Принцип двојних канала** – у процесу учења постоје два независна когнитивна канала којим се обрађују визуелне и слушне информације (Paivio, 1986);
- ❖ **Принцип очигледног капацитета** – ресурси радне меморије ученика су ограничени (Chandler and Sweller, 1991);
- ❖ **Принцип активне обраде** – ученици би требало да се фокусирају на релевантне информације које ће повезати с претходним шемама у дугорочној меморији (Wittrock, 1989).

Теорија когнитивног мултимедијалног учења не фокусира се само на употребу аудио и видео записа, већ и на примену успешних мултимодалних интерактивних окружења за учење (Moreno and Mayer, 2007). Такође, она се може применити приликом напредних техника учења 21. века, попут употребе мобилних уређаја (Sung and Mayer, 2013), виртуелне реалности (Parong and Mayer, 2019) и онлајн учења.

2.7.6. Дизајн наставних материјала за учење о индустријски производним процесима

Дизајнирање наставних материјала за учење о индустријски производним процесима укључујући потребе реализације индустријских посета, обухвата креирање интерактивних визуелних приказа, експерименталних вежби и симулација које илуструју индустријски производни процес. Такође, планира се вођени каријерни разговор с експертима запосленим у индустријском постројењу.

Материјали који се дизајнирају морају да буду прилагођени узрасту и предзнању ученика, да подстичу и подржавају активно ангажовање ученика и да омогућавају разумевање сложених индустријских производних процеса.

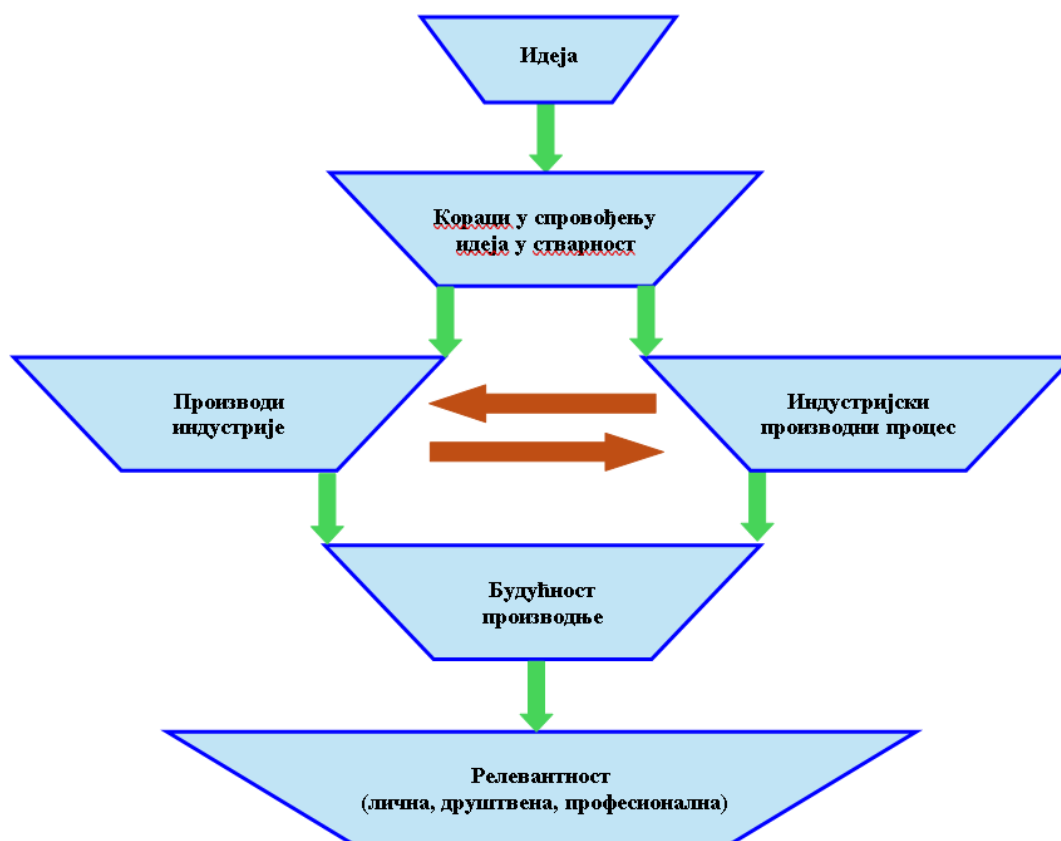
Дизајн материјала за учење требало би да осигура четири димензије индустријске посете (Orion, 1989; Orion, 1993; Orion and Hofstein, 1994):

- ❖ **Дидактичка димензија** – систематско структурирање учења кроз фазе *припреме, реализације и пост-активности*, које омогућавају постепени прелаз од конкретног искуства ка апстрактном разумевању индустријских производних процеса, уз уважавање когнитивног оптерећења и фактора који утичу на способност учења у аутентичном индустријском окружењу.
- ❖ **Административна димензија** – пажљиво планирање и организација индустријске посете (логистика, безбедност, временска структура, сарадња са индустријским партнерима), с циљем омогућавања фокусираности ученика на учење.
- ❖ **Едукативна димензија** – позиционирање индустријске посете као интегралног и смисленог дела наставног процеса, у којем ученици активно конструишу знање кроз директно искуство, интеракцију и рефлексiju.
- ❖ **Курикуларна димензија** – усклађивање индустријске посете са наставним програмом кроз јасно дефинисане образовне циљеве и активности које омогућавају разумевање основних концепата индустријских производних процеса и уз интеграцију пре- и пост-наставних активности.

Кемпа (Кемпа, 1983) предлаже да дизајн материјала у основи садржи шест димензија развоја које укључују:

- ❖ Појмовну структуру хемије
- ❖ Хемијски производни процес
- ❖ Технолошке манифестације хемије
- ❖ Хемију из угла релевантности
- ❖ Културни аспект хемије
- ❖ Друштвене импликације хемије

Материјал за учење за потребе индустријске посете може се креирати према шеми (слика 28), предложеној од стране Кеснера и сарадника (Kesner *et al.*, 1997).



Слика 28. Приступ за спровођење индустријске посете
(извор: прилагођено из Kesner *et al.*, 1997)

На основу претходно описаних карактеристика и препорука, како би материјал био ефикасан и релевантан за учење у окружењу индустријских производних процеса, његов дизајн би требало да укључи следеће димензије:

- ❖ **Идентификација индустријског производног погона и истраживање производног процеса.** То обухвата преглед различитих извора и прикупљање података о историјском и културном аспекту производног процеса, о развоју производног процеса, о маркетингу, о експлоатацији сировина, добијању производа и о утицајима производног процеса на животну средину. Ученици се подстићу да прегледом различитих извора прикупе наведене податке.
- ❖ **Сагледавање производног процеса и вођена дискусија с експертима запосленим у производном погону.** Прикупљање релевантних података обиласком и интервјуисањем запослених на различитим позицијама у оквиру индустријског производног погона како би ученици стекли увид у ток производног процеса, размотрили питања која се односе на економију, тржишни развој производње (локални и глобални), сазнали о проблемима и последицама производње по животну средину (на пример, у виду студије случаја).
- ❖ **Идентификација релевантних тема и хемијских концепата.** Одабир релевантних тема и хемијских концепата које наставник жели да размотри у контексту индустријске производње, а која је предмет посете, остварује се у сарадњи с експертима запосленим у индустријском погону. Приоритет се даје производном процесу који обезбеђује развојање практичног искуства. Спровођење разноврсних стратегија и активности које укључују индивидуалне задатке, рад у групу и/или паровима, групне пројекте или дискусије могу да буду вођене радним листом са описом задатака и критеријума процењивања. Од ученика се тражи повратана информација о учењу у новом окружењу, ставовима, когнитивним аспектима,

друштвеним аспектима или слично (Hofstain and Kesner, 2006). Последњи део материјала може да буде тако припремљен да подстиче дискусију ученика о будућем развоју, на пример, производног процеса, производа, тржишта или технологије.

- ❖ **Интеграција димензије релевантности.** Материјал за учење требало би да осигура дискусију ученика о друштвеном значају производног процеса, производа, о тржишту рада и технологијама. На тај начин, осигурава се димензија релевантности производних процеса која укључује личну, друштвену и професионалну релевантност (Sjöström *et al.*, 2020).
- ❖ **Развој и тестирање материјала за учење.** Материјал намењен учењу потребно је теситрати према његовим основним идејама за реализацију. Важно је да се у овој фази провери прецизност и ефикасност материјала за његово коришћење у учењу. Развијање материјала за учење у контексту индустријске производње и за потребе индустријске посете укључује и евалуацију током реализације.

Истраживања указују да дизајн материјала за учење постиже високу ефективност када је конструисан у складу с когнитивном структуром обраде информација (Schnotz and Kürschner, 2007), границом људске когнитивне способности и различитим врстама оптерећења како би се постигао бољи ефекат учења (Sweller *et al.*, 2011). То значи да би требало да се дизајн и презентација материјала за учење прилагоде капацитету и ограничењима радне меморије (Sweller and Cooper, 1985; Sepp *et al.*, 2019). Приликом дизајнирања материјала намењеном учењу, препорука је да наставници редукују спољашње, оптимизују интринзично и повећају везано когнитивно оптерећење (Van Merriënboer and Sweller, 2005) на основу емпиријски испитаних метода оптимизације когнитивног оптерећења (Hawtorne *et al.*, 2019) приказаних у табели 9.

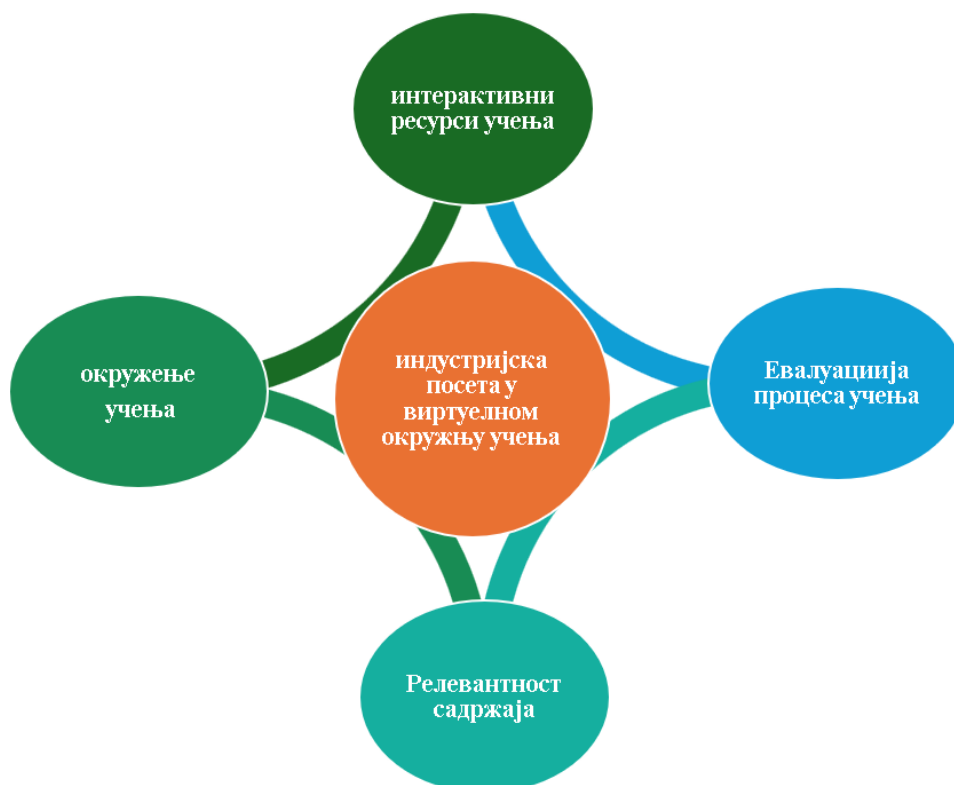
Табела 9. Инструкциони ефекти структурираних материјала. (извор: Hawtorne *et al.*, 2019)

Инструкциони ефекат	Опис	Литературна референца
Ефекат слободне победе	Када се конвенционални проблем са специфичним циљем замени са проблемом са неспецифичним циљем, ученици показују супериорност у исходима учења.	Owen and Sweller, 1985 Ayres, 1993
Ефекти обрађеног примера и довршавања проблема	Када се ученицима представи урађен пример или корак по корак решење проблема, они боље приступају новим проблемима, него они који решавају исти задатак без обрађеног примера.	Sweller and Cooper, 1985 Cooper and Sweller, 1987
Ефекат подељене пажње	Када се од ученика захтева да своју пажњу поделе на два или више извора информација који су просторно или временски одвојене, то резултира смањеним учењем.	Tarmizi and Sweller, 1988 Ginns, 2006
Ефекат модалитета	Презентовање информације тако да се ангажују оба канала учења - слушни и визуелни канали у оквиру радне меморије. Информације се на тај начин представљају у дуалном модалитету (дијаграми и изговорени текст) што доводи до бољег учења од истих представљених информација на један начин (нпр. дијаграм и писани текст).	Mousavi <i>et al.</i> , 1995 Moreno and Mayer, 1999 Reinwein, 2011

Ефекат редундантности	Када се више извора информација може разумети одвојено, али су оба представљена истовремено (нпр. текст је представљен визуелно и слушно истовремено). Сувишна информација доводи до спољшњег когнитивног оптерећења, што доводи до нижих постигнућа него када се уклоне сувишне информације.	Chandler and Sweller, 1991 Leahy <i>et al.</i> , 2003
Ефекат преокретања стручности	Када информације корисне за ученике почетнике постану сувишне за образованије и искусније ученике, то резултира мање ефективним или негативним последицама по учење.	Kalyuga <i>et al.</i> , 1998, 2003 Kalyuga, 2007
Ефекат блеђења смерница	Побољшање учења услед постепеног блеђења обрађених примера уместо доследне употребе обрађених примера или обрађених парова пример-проблем.	Renkl and Atkinson, 2003
Ефекат интерактивности елемената	Висока интерактивност елемената доводи до већег интринзичног когнитивног оптерећења, док ниска интерактивност елемената води ка ниским перформансама когнитивног оптерећења. Ефекат интерактивности елемента се односи на унутрашње когнитивно оптерећење.	Sweller, 2010
Ефекти маште и самообјашњења	Проучавањем обрађеног примера ученици се подстичу да се окрену даље од примера и замисле кораке укључене у решавање проблем. Ово резултира тиме да ученик обрађује процедуру у радној меморији што резултира већом вероватноћом да ће ово бити пренето у дугорочну меморију и ново учење.	Cooper <i>et al.</i> , 2001 Ginns, 2006
Пролазни информациони ефекат	Губитак учења због информација које нестају пре него што ученик има времена да обради информације.	Mayer and Chandler, 2001 Moreno, 2007
Ефекат колективне радне меморије	Када ученици индивидуално остваре веће исходе учења кроз сараднички рад него када уче самостално. Сарадничко учење омогућава да се радна меморија сваког ученика дели у оквиру групе, чиме радна сећања постају адитивна.	Kirschner <i>et al.</i> , 2009 Kirschner <i>et al.</i> , 2011

Развој нове технологије која укључује образовне платформе за учење омогућава потпуно искуство учења на мрежи, које је, упркос што су ученици раздвојени од својих наставника, довољно блиско као и традиционална настава која се одвија уживо (Abuhassna and Yahaya, 2018). Како би учење/настава хемије на даљину била квалитетна и омогућила да перцепција ученика буде добра, неопходно је дизајнирати је тако да се омогући приступачност учења, укљученост процеса мишљења и обука самосталног учења (Farina and Bodzin, 2018). Дизајн модела виртуелне посете индустријским производним процесима укључује четири елемената који доприносе позитивном ефекту таквог рада (слика 29). Ови елементи су окружење учења, интерактивни ресурси учења, евалуација процеса учења и релевантност садржаја. Мукундани (Mucundanyi, 2021) наводи пет стратегија дизајнирања

онлајн материјала за учење које укључују јасан и доследан дизајн, израду детљаног плана наставе и учења, стварање заједнице за учење, присуство наставника и давање приоритета учењу помоћу бесплатних образовних материјала.



Слика 29. Модел дизајна индустријске посете у виртуелном окружењу

Мрежно окружење за виртуелне индустријске посете припрема се помоћу платформе за учење у оквиру које се уграђују различити мултимедијални садржаји. Истраживања су показала да платформе које омогућавају сарадничке активности, могу унапредити учење и исходе учења (Hattie, 2008). Социјална интеракција која се остварује таквим учењем подстиче грађење заједничког разумевања, развој критичког мишљења и конструкцију знања кроз размену знања и искуства, и сарадњу (Kreijns *et al.*, 2002). У основи сарадничког учења јесте интеракција ученика и наставника, затим интеракција с другим ученицима и интеракција ученика са садржајем учења (Moore, 1989). Важно је да се током сарадничког учења ученици охрабре за преузимање одговорности за сопствени процес учења (Congrad, 2005) и размену информација с другим актерима. Флексибилност онлајн учења/наставе може бити карактеристика која се може користити за подучавање у области хемије (Sanderson and Field, 2018). Важно је да наставници на почетку процеса учења пруже потребне смернице за напредак у процесу учења (McInnerney and Robers, 2004).

Елемент интерактивних ресурса учења представља различите мултимедијалне формате који се користе у процесу учења, као што су слике, шеме, модели атома и молекула, модели кристалних структура супстанци са ковалентним и/или јонским везама, аудио-визуелни материјали (на пример, наставни филмови), симулације индустријских производних процеса, као и различити Web алати интегрисани у платформе за учење. Кључни ресурси који омогућавају персонализовано учење укључују подршку наставника и могућност напредовања ученика сопственим темпом уз примену дигиталних технологија. Ученицима се омогућава да прескачу већ савладане садржаје, као и да се враћају на делове које желе додатно да утврде, чиме се подстиче саморегулација учења. Овакав приступ

доприноси већем ангажовању ученика и омогућава благовремену подршку у учењу (Irvin *et al.*, 2013).

Елемент евалуације процеса учења омогућава ученицима да стекну увид у сопствени напредак током учења (Al-Balushi *et al.*, 2022). Дигиталне технологије (нпр. виртуелне посете, платформе за учење) могу се користити за праћење напретка ученика и евалуацију наставног процеса (Youssef, 2022; Olić Ninković *et al.*, 2022; Şeker and Yalçın-Çelik, 2023). Према Бенету (Bennett, 2018) дигитална процена омогућава ефикасније мерење постигнућа, бржу повратну информацију и систематично прикупљање и анализу података. Повратне информације у процесу учења омогућавају ученицима да уоче разлику између тренутног нивоа знања и очекиваних исхода, као и да унапреде квалитет свог рада (Boud and Molloy, 2013). Вршњачка процена представља значајан облик формативног проверавања (Topping, 2009), али истраживања указују да ученици могу имати резерве у погледу њене праведности и поузданости (Ven and Tsai, 2006).

Релевантност садржаја представља кључни аспект дизајна наставе и треба да омогући ученицима да повежу научне концепте са личним, друштвеним и професионалним контекстима (Mahaffy, 2004; Sjöström *et al.*, 2020). Повезивање наставних садржаја са професионалном праксом доприноси смисленијем учењу, што оправдава укључивање експерата у наставни процес (Nyamapfene, 2012; Goldberg *et al.*, 2014). То се може реализовати кроз виртуелне туре, вебинаре и друге облике сарадње, чиме се ученицима омогућава боље разумевање професионалних улога и каријерних путева.

Приликом дизајнирања мултимедијалних материјала наставници би требало примењују принципе теорије когнитивног оптерећења (Mutlu-Bayraktar *et al.*, 2019). Према Мајеру (Mayer, 2021), ефикасно мултимедијално учење заснива се на примени принципа ради смањења спољашњег когнитивног оптерећења, управљања унутрашњим (интринзичним) оптерећењем и подстицања релевантног когнитивног процесирања. (табела 10).

Табела 10. Принципи структурирања мултимедијалних материјала. (извор: Mayer, 2021)

Принцип	Опис принципа	Ефекат когнитивног оптерећења
Принцип кохерентности	Ученици боље уче када су из материјала уклоњени ирелевантни елементи (на пример, сувишна музика, декоративна графика).	
Принцип сигнализације	Учење је ефикасније када је визуелно истакнута структура и организација садржаја (стрелице, наглашавање кључних појмова).	
Принцип редундантности	Комбинација графике и нарације је ефикаснија од истовремене употребе графике, нарације и текста.	Редуковање спољашњег когнитивног оптерећења
Принцип просторне близине	Ученици боље уче када се на страници или екрану прикажу речи и слике близу једни другима, када је текст приказан уз графику на коју се односи и упутства уз активности.	
Принцип временске повезаности	Ученици боље уче када се речи и слике презентују истовремено, а не узастопно.	
Принцип сегментирања	Материјал треба поделити у мање целине које ученик може да прати сопственим темпом.	Управљање интринзичним когнитивним оптерећењем
Принцип претходне обуке	Ученици боље уче када знају термине и дефиниције основних појмова.	
Принцип модалитета	Ученици боље уче из слика и изговорених речи него из слика и текста.	
Принцип мултимедије	Ученици боље уче из речи и слика него само из речи.	Оптимизација везаног

Принцип персонализације	Боље се учи из мултимедијалних лекција када су речи у разговорном, а не у формалном стилу.	когнитивног оптерећења
Принцип аудио сигнализације	Ученици боље уче када се нарација изговара људским гласом, а не машинском репродукцијом гласа.	
Принцип визуелне сигнализације	Ученици нужно не уче боље из мултимедијалних лекција када се слика говорника дода на екран.	
Принцип отеловљења	Ученици боље уче када наставник приказује високо отеловљење.	
Принцип имерзије	Ученици нужно не уче боље у 3D имерзивној виртуелној стварности него у одговарајућој 2D презентацији.	
Принцип генеративне активности	Ученици боље уче када су вођени у активностима током учења.	

2.7.7. Наставни филм – визуелни контекст за учење хемије

Наставни филмови, као покретне аудио-визуелне слике, визуелним апсектом пружају примарни извор информација, а аудио аспектом подстичу мисаону обраду информација (Koumi, 2006; Mayer, 2011; Majumdar, 2017; Harrison, 2019). Они омогућавају повезивање различитих репрезентација концепата и процедура, чиме се подстиче развој когнитивних, афективних и психомоторних исхода учења (Cooper and Higgins, 2015).

Развој онлајн окружења и мобилних технологија довео је до тога да наставни филмови постану значајан медиј у формалном образовању (Fyfield *et al.*, 2022; Hansch *et al.*, 2015).

У интеракцији са наставним садржајем посредованим путем филма ученик је у центру процеса, док је наставник медијатор тог процеса (Guseva and Kauppinen, 2018). Тиме се постиже померање од традиционалних наставних активности усмерених на наставника, најчешће организованих према поглављима у уџбеницима као примарним изворима за учење (Baudains *et al.*, 2013), ка настави усмереној на ученика и активно формирање знања у интеракцији са садржајем филма.

У пракси се наставни филмови примењују у комбинацији са другим наставним методама и активностима: сарадничко учење, прављење резимеа на основу видеа, оцењивање засновано на видеу, учење усмерено на ученика и хибридно учење (Yousef *et al.*, 2014). При томе се интеракција са наставним садржајем посредованим путем наставног филма може одвијати у времену, окружењу и темпом одговарајућим за ученика (филм се може зауставити, могу се вратити и поново погледати одређени сегменти, а може се изнова и изнова гледати у целини).

На основу употребе и сврхе, наставни филмови се могу поделити у три категорије: демонстрациони филмови, наративни филмови и видео снимци главних предавања (Caspi *et al.*, 2005). Како би испунили специфичне исходе наставе, наставници припремају наставне филмове с циљем подршке и изградње новог знања ученика узимајући у обзир перцепције ученика који гледају филмове (Harrison, 2019). При томе, важно је да узму у обзир три елемента: когнитивно оптерећење, некогнитивне елементе који утичу на ниво ангажовања ученика и карактеристике активног учења (Mayer, 2009; Brame, 2015; Roquet *et al.*, 2018). Да би наставни филм био ефективан, препоручује се да буде наративне природе (Mayer and Chandler, 2001), прилагођене дужине (Kay, 2012; Hatch *et al.*, 2016) и са истицањима кључних речи употребом боја и контраста (Mayer and Moreno, 2003).

Наставни филмови су на почетку примене у настави хемије најчешће садржавали предавања и били релативно дуги, или су били специјализовани документарни снимци о, на пример, индустријским хемијским процесима (Pekdağ and Le Maréchal, 2010). Данас су

прилагођени потребама ученика 21. века и наставника који их може интегрисати у наставну праксу. Ученици најчешће преферирају краће наставне филмове, тако да њихова дужина буде до 15 минута (Harrison, 2019).

У настави хемије, наставни филмови се дизајнирају тако да буду уклопљени у различите теме (Talib, *et al.*, 2017), и да при томе буду динамични и стимулативни. Истраживања и пракса показали су допринос наставних филмова у настави/учењу различитих хемијских садржаја: безбедност у хемијској лабораторији (Carr and Carr, 2016; Pekdağ, 2020), основне технике лабораторијског рада (Nadelson *et al.*, 2015; Schmidt-McCormack *et al.*, 2017; Lau, 2020) посматрање супстанци (Velázquez-Marcano *et al.*, 2004), хемијска равнотежа (Silverajah and Govindaraj, 2018), процес растварања (Pulukuri and Abrams, 2020), ланац транспорта електрона (Wikandari *et al.*, 2021), увод у лабораторијски рад на часовима органске хемије (Pölloth *et al.*, 2019), механизми хемијских реакција у органској хемији (Schweiker *et al.*, 2020) и слично. Видео снимци које праве сами ученици такође су значајни у хемијском образовању, јер на тај начин они могу да буду укључени у објашњавање одређеног хемијског концепта, на пример, хемијске везе помоћу комплекта за молекулско моделовање (Tierney *et al.*, 2014), агрегатних стања супстанци (Yaseen, 2018) или за припрему за лабораторијски рад (Erdmann and March, 2014; Benedict and Pence, 2012) и слично. Примена филмова омогућава да се садржаји хемије представе у релевантним контекстима за младе и тиме им постану смислени, да се тако унапреди њихова хемијска писменост, повећа мотивација за учење хемије, и умањи доживљај хемије као тешког и апстрактног предмета (Christensson and Sjöström, 2014).

Иако некада изузетно скупи, захтеви и трошкови за прављење наставних филмова данас су се смањили (Thomson *et al.*, 2014), због чега су они постали важан образовни ресурс и мултимедија за пружање аутентичних искустава у формалним и неформалним контекстима (Smyth, 2011). Повећање броја корисника интернета, употреба удаљених курсева на платформама за виртуелно учење и лако доступни различити преносиви уређаји са интегрисаном камером (Ou, 2019), омогућили су убрзану и све прихватљивију употребу наставних филмова, нудећи интерактивне функције које се могу флексибилно уградити као допуна или алтернатива традиционалном предавању (Mayer, 2009; Rackaway, 2012; Brame, 2015). Тако наставни филмови постају један од моћних виртуелних медија (Fern *et al.*, 2011) којим се информације дистрибуирају с циљем да повећају ефикасност процеса учења (Kalantzis and Cope, 2008; Pérez-Torregrosa *et al.*, 2017) и резоновања (Otrell-Cass *et al.*, 2012). При томе, важно је имати у виду и да ученици током праћења наставних филмова могу да занемаре образовне сегменте филма (Guo *et al.*, 2014).

Интеграцијом интерактивних елемената и наставних филмова у веб окружењу у оквиру приступа *изокренуте учионице* (Giannakos *et al.*, 2014; Naagsman *et al.*, 2020; Chouhan, 2021), комбиноване са традиционалним методама учења, подстиче се радозналост ученика (Harrison, 2019) и подржава постизање очекиваних постигнућа ученика (Greenberg and Zanetis, 2012; Roquet *et al.*, 2018). Укључивање интерактивних елемената учења подржава конструктивистички модел учења (Vural, 2013). Тако се, на пример, од ученика може очекивати да прочитају додатне занимљиве ресурсе или допуне одабрани текст (Vural, 2013; Naagsman *et al.*, 2020), да играју едукативне видео игре (Chee *et al.*, 2012; Hamlen, 2013), направе мапу појмова према видео садржају (Vural, 2013), размене искуства с другим ученицима и повезују видео садржај са претходним искуствима у животној свакодневици (Bognar *et al.*, 2019; Torres *et al.*, 2022), ураде пројектни задатак (на пример, дизајнирања рекламе), припреме наратију или документарни филм (Bruce and Chiu, 2015) и слично. Тиме се подржавају различити стилови учења ученика, појачава мотивација за учење и подржава се развој иновативности, креативности и сарадничких способности (Greenberg and Zanetis, 2012). Све то може да унапреди разумевање концепата и садржаја наставног курикулума, и да подстакне критичко мишљење (Bruce and Chiu, 2015).

Континуирани напредак онлајн образовања интензивирао је истраживања ефеката учења уз помоћ наставних филмова (Hollands and Tirthali, 2014; Poquet *et al.*, 2018). Према прегледу литературе до сада нису испитивани ефекти контекста индустријских производних процеса посредованих путем наставних филмова на постигнућа четрнаестогодишњака у области хемије и њихове ставове што ће бити омогућено истраживањем у оквиру другог педагошког експеримента у оквиру ове докторске дисертације.

3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

У овом поглављу приказана је методологија пет спроведених истраживања, од којих су два дескриптивног, а три квази-експерименталног типа. Комбиновање ових истраживања омогућава свеобухватно сагледавање феномена, од иницијалних ставова и перцепција учесника до испитивања ефеката интервенција у аутентичном образовном контексту.

3.1. Методологија дескриптивног истраживања са наставницима

3.1.1. Предмет, циљ и организација дескриптивног истраживања са наставницима

Као припрема за квази-експериментална истраживања изведено је дескриптивно истраживање са наставницима хемије. Предмет истраживања су ставови и перцепције наставника хемије о индустријској и примењеној хемији као контекстима за учење. Циљ истраживања је да се испита на који начин наставници вреднују потенцијал индустријске и примењене хемије као контекста за учење хемије у учионици и изван учионице у индустријским окружењима, као и за повезивање теоријских знања са реалним производним процесима. Из тако постављеног циља проистекла су следећа истраживачка питања:

- 1) Какве су карактеристике наставне праксе наставника у погледу услова рада, експерименталне наставе и повезивања садржаја са свакодневним животом?
- 2) Какви су ставови наставника о примени индустријске и примењене хемије у настави?
- 3) Какви су ставови наставника о настави изван учионице?

3.1.2. Инструмент истраживања

За потребе истраживања креиран је упитник (Прилог 1) којим су испитана виђења наставника хемије о индустријској и примењеној хемији као контекстима за учење хемије у учионици и изван учионице у оквиру производног процеса, усаглашено с исходима у наставним програмима хемије за основну и средње школе. Упитник се састојао из три дела:

I - демографски подаци;

II - ставови наставника о примени садржаја индустријске и примењене хемије у наставној пракси; и

III - ставови наставника о настави изван учионице у оквиру индустријских посета.

Истраживање је реализовано електронски, путем платформе Google Forms. Упитник се састојао од укупно 32 питања: 4 отвореног типа, 5 алтернативног избора, 19 вишеструког избора и 4 питања којима је тражено изражавање става на четворостепеној и петостепеној Ликертовој скали.

Валидност упитника према постављеном циљу и истраживачким питањима проверена је од стране чланова Катедре за наставу хемије, Универзитета у Београду - Хемијског факултета, једног психолога и пет наставника хемије који нису учествовали у истраживању. На основу њихових препорука инструмент је унапређен. Поузданост инструмента испитана је применом Cronbach - alpha коефицијента (Taber, 2018). Добијена вредност Cronbach - alpha коефицијента износи 0,96. Утврђена вредност је већа од 0,70 што указује на задовољавајућу унутрашњу конзистентност инструмента (Nunnally, 1978).

3.1.3. Узорак истраживања

Упитник је послат на електронске адресе наставника хемије регистроване у централној бази адреса Наставне секције Српског хемијског друштва. На позив за учешће у истраживању одазвало се 62 наставника хемије основних и средњих школа у Републици Србији. Учествовање је било добровољно, а попуњавање упитника анонимно. Наставници су путем електронске поште добијали линк који их је водио до упитника. Приступ упитнику био је омогућен током седам дана. У пропратном писму упитника наведен је циљ истраживања и предочено да је учешће добровољно и анонимно.

Највећи део узорка чине наставнице, са уделом од 85,0 %, док је проценат наставника 14,5 %. Према старосној структури највећи проценат испитаника (45,2 %) припада старосној групи од 41 до 50 година, док је најмање заступљена група млађа од 25 година, са 4,8 %. У старосној групи од преко 50 година било је 34,0 % испитаника, док је у старосној групи од 26 до 40 година било 16,0 % испитаника. Највећи проценат испитаника (56,5 %) запослен је у основној школи, у средњим школама ради 32,3 % наставника, док најмањи проценат (11,2 %) чине испитаници који раде и у основној и у средњој школи.

Већина испитаника (83,9 %) запослена је у школама у градским срединама, док је мањи проценат запослен у школама у приградским срединама (9,3 %) и сеоским срединама (6,5 %).

Процент испитаника који су завршили основне академске студије износи 54,8 %, 35,5 % испитаника завршило је мастер студије, а 9,7 % више нивое студија, попут специјалистичких, магистарских или докторских студија. Највећи проценат испитаника (53,3 %) завршио је основне академске студије на Универзитету у Београду–Хемијском факултету. Остали су дипломирали на Природно-математичким факултетима у Крагујевцу (14,5 %), у Новом Саду (8,1 %), у Нишу (4,8 %) у Косовској Митровици и Приштини (3,2 %). Један број испитаника дипломирао је на Универзитету у Београду–Биолошком факултету (8,1 %), Факултету за физичку хемију (3,2 %), и Физичком факултету (1,6 %).

Студијски програм професор хемије завршило је 27,4 % испитаника, студијски програм дипломирани хемичар 32,3 %, студијски програм хемичар за истраживање и развој 16,2 %. У узорку је било наставника два предмета: биологија-хемија и физика-хемија са 12,9 %. Студијски програм дипломирани физико-хемијар завршило је 3,2 % испитаника. Најмањи проценат испитаника завршио је студијске програме дипломирани хемичар за заштиту животне средине, дипломирани хемичар за примењену хемију, дипломирани инжењер хемије - аналитичка хемија, дипломирани биохемичар и дипломирани хемијски инжењер са по 1,6 %.

Током основних студија испитаници су у највећој мери похађали предмете и курсеве из методике наставе хемије 72,6 %, затим из психологије и педагогије, сваки по 59,7 %, док је мањи број њих похађао школску праксу (45,2 %), филозофију природних наука (40,3 %) и школске огледе у настави хемије (38,7 %).

Већина испитаника има значајно искуство у образовању: 48,4 % ради у школи од 16 до 25 година, 25,8 % од 6 до 15 година, 16,1 % од 26 до 35 година, док је 8,1 % испитаника са 5 година стажа, а 1,6 % са више од 35 година стажа. Ови подаци указују на то да је узорак претежно састављен од наставника са средњим и дугим радним искуством, што доприноси поузданости резултата.

Од укупног процента испитаника, 53,2 % определило се за професију наставника хемије због љубави према наставничком позиву и раду са децом. Једнак проценат, 16,1 % објаснио је да у тренутку уписа факултета није постојало ништа привлачније или су желели да упишу нешто друго, али пошто нису успели, определили су се за смерове који омогућавају бављење наставничком професијом. Најмањи проценат испитаника (14,6 %) навео је да је избор професије био мотивисан могућношћу запослења.

Остали разлози, као што су лакше завршавање одређеног факултета или жеља родитеља, нису били значајно заступљени у узорку.

3.2. Методологија дескриптивног истраживања са ученицима

3.2.1. Предмет, циљ и организација дескриптивног истраживања са ученицима

Друго дескриптивно истраживање, као припрема за квази-експериментална истраживања, изведено је са ученицима седмог и осмог разреда основне школе. Предмет истраживања обухвата ставове, перцепције и знање ученика о индустријској и примењеној хемији као контекстима за учење хемије. Теоријски оквир истраживања заснива се на трокомпонентном моделу ставова (АВС модел), при чему су класичне компоненте, афективна, когнитивна и бихејвиорална, операционализоване као аналитичке димензије. Афективна димензија обухвата интересовање, мотивацију и емоционални однос према хемији. Когнитивна димензија се односи на перцепцију разумљивости концепата у хемији и уверења о значају градива. Ова димензија омогућава идентификовање када ученици прецењују или потцењују своје разумевање сложених концепата индустријске и примењене хемије. Утилитарна димензија обухвата перцепцију практичне применљивости знања, релевантност знања за свакодневни живот, очување здравља и професионалну оријентацију. Ова димензија повезује школско учење са стварним потребама индустрије и друштва. Истраживање се фокусира на афективну, когнитивну и утилитарну димензију ставова, перцепцију ефеката индустријских посета и разумевање значаја индустријске хемије у образовању и друштву.

Циљеви истраживања су:

- 1) Испитати ставове ученика према индустријској и примењеној хемији кроз афективну, когнитивну и утилитарну димензију;
- 2) Анализирати перцепцију утицаја индустријских посета и интеракције са експертима на мотивацију, разумевање и доживљај релевантности садржаја;
- 3) Испитати ниво знања ученика о индустријској хемији и њеној улози у образовању, друштву и заштити животне средине.

Из тако постављених циљева истраживања проистекла су три истраживачка питања:

- 1) Какве су афективна, когнитивна и утилитарна димензија ставова ученика према индустријској и примењеној хемији?
- 2) Како индустријске посете и интеракција са експертима утичу на интересовање, мотивацију и разумевање садржаја?
- 3) У којој мери ученици препознају значај индустријске и примењене хемије за свакодневни живот, друштво, заштиту животне средине и будућу професију?

3.2.2. Инструмент истраживања

Истраживање је реализовано електронским путем, коришћењем упитника креираног у оквиру платформе Google Forms. Линк ка упитнику достављен је наставницима хемије путем званичне базе Наставне секције Српског хемијског друштва. Приступ упитнику је био омогућен седам дана. Позив је послат на 120 e-mail адреса наставника хемије, али се нису сви одазвали. Након добијања сагласности школа из којих су наставници који су прихватили учествовање у истраживању за учешће школа у истраживању, закључен је уговор о сарадњи између Универзитета у Београду - Хемијског факултета и школа, потписан од стране декана Факултета и директора школа. Наставници су линк ка упитнику проследили ученицима

путем школских платформи за учење. Ученици су упитник попуњавали током једног часа хемије (45 минута). На почетку истраживања ученицима су објашњени циљеви и активности. Учешће је било добровољно и анонимно. Ученици су информисани да могу да одустану у било ком тренутку и да резултати истраживања неће утицати на њихове оцене и крајњи успех из хемије.

Упитник се састоји од три дела (Прилог 2). Први део испитује ставове ученика према индустријској и примењеној хемији кроз три димензије: афективну (интересовање и мотивацију), когнитивну (перцепција разумљивости и значаја садржаја) и утилитарну (перцепција практичне применљивости знања у свакодневном животу, друштву и будућој професији). Други део се фокусира на перцепцију ефеката индустријских посета и интеракције са експертима. Трећи део испитује знање ученика о индустријској хемији, релевантним индустријским гранама, производним процесима, производима и њиховом утицају на животну средину, као и о значају за свакодневни живот и професионални избор.

Упитник има 18 исказа на петостепеној Ликертовој скали, једно питање с вишеструким избором и пет питања отвореног типа. Садржајна валидност упитника према постављеном циљу и истраживачким питањима проверена је од стране чланова Катедре за наставу хемије, Универзитета у Београду - Хемијског факултета, два педагога, једног психолога и три наставника хемије који нису учествовали у истраживању. Они су оценили усклађеност питања и исказа с наставним програмом хемије и јасноћу формулација. На основу њихових препорука инструмент је унапређен. Поузданост инструмента испитана је применом Cronbach - alpha коефицијента (Taber, 2018). Добијена вредност Cronbach - alpha коефицијента износи 0,89. Утврђена вредност је већа од 0,70, што указује на задовољавајућу унутрашњу конзистентност инструмента (Nunnally, 1978). Квантитативни подаци анализирани су применом дескриптивне статистике, док су одговори на отворена питања подвргнути квалитативној анализи садржаја, уз кодирање и категоризацију одговора и утврђивање њихове учесталости.

3.2.3. Узорак истраживања

Узорак у истраживању је обухватио 280 ученика седмог и осмог разреда из девет школа у Републици Србији. У структури узорка било је 132 дечака (47,1 %) и 148 девојчица (52,9 %). Према разреду који похађају, 123 ученика (43,9 %) били су ученици седмог разреда, док је 157 ученика (56,1 %) похађало осми разред. Када је реч о средини у којој се налазе школе, 210 (75,0 %) ученика је навело да похађа школу у градској средини, 42 (15,0 %) у сеоској средини, док је 28 ученика (10,0 %) изјавило да се њихова школа налази у приградској средини.

3.3. Методологија квази-експерименталног истраживања ефеката индустријске посете водоводу

3.3.1. Предмет, циљ и организација квази-експерименталног истраживања са ученицима

У овом квази-експерименталном истраживању испитани су ефекти примене контекста водовода за обраду наставне јединице *Вода и њен значај за живи свет* у седмом разреду основне школе (узраст ученика 13-14 година). Наставна јединица је изабрана зато што обухвата садржаје и активности релевантне за појединца и друштво, значајне за развој младих у одговорне грађане који брину о животној средини у свакодневним животним активностима. Такође, ова наставна јединица има потенцијал да унапреди хемијску писменост ученика. Уз то, прикладан је оквир за илустрацију повезаности знања и вештина

формираних учењем хемије са практичном применом у професионалним делатностима. Постављена су два циља истраживања. Први циљ је био испитивање у којој мери ученици унапређују разумевање курикуларних садржаја о води, растворима, смешама и поступцима за раздвајање састојака смеша у контексту делатности у водоводу. Други циљ односио се на испитивање ставова ученика о релевантности таквог приступа учењу хемије. Из тако постављених циљева проистекла су следећа истраживачка питања:

- 1) У којој мери контекст процеса прераде воде у водоводу унапређује разумевање курикуларних садржаја о смешама, поступцима за раздвајање састојака смеша, растворима и води у поређењу с традиционалном наставом?
- 2) Како ученици процењују релевантност активности у контексту производног процеса, утицај тих активности на њихово разумевање хемијских појмова и мотивацију за учење хемије?

План активности током истраживања је приказан у табели 11. На почетку истраживања обе групе су решавале пре-тест ради утврђивања уједначености група према предзнању о супстанцама, смешама, поступцима за раздвајање састојака смеша, растворима и води. Током следећа два часа ученици контролне групе су о води и њеном значају учили традиционалним приступом у школи, а ученици експерименталне групе у контексту водовода. Планиране активности ученика током посете водоводу водили су технолог који је ту запослен и наставник (табела 11).

Пост-тест је спроведен на првом наредном часу хемије након активности у контролној и експерименталној групи (седам дана након пре-теста), како би се испитали ефекти контекста који пружа водовод и традиционалног приступа на разумевање садржаја хемије. Помоћу упитника испитани су ставови ученика експерименталне групе о релевантности и ефектима активности у оквиру посете водоводу на њихово разумевање хемијских појмова и мотивацију за учење хемије.

Табела 11. Активности контролне и експерименталне групе током истраживања

Час	Контролна група	Експериментална група
1. (45 минута)	Пре-тест Обрада наставне јединице <i>Вода и њен значај за живи свет</i> традиционалним приступом у школи: (I) разговор о својствима воде и њеном значају за живи свет;	Пре-тест Обрада наставне јединице <i>Вода и њен значај за живи свет</i> у оквиру посете водоводу: (I) уводни разговор технолога и наставника са ученицима о води у природи и значају воде за живи свет; (II) обилажење водовода, посматрање и разговор технолога и наставника са ученицима о технолошким поступцима и процесу прераде воде;
2. и 3. (90 минута)	(II) гледање и анализирање фотографија о технолошким поступцима и процесима прераде воде.	(III) каријерно вођен разговор са запосленима у водоводу (технолог, санитарни техничар, лабораторијски техничар) и пружање одговора на питања о контроли квалитета воде за пиће.
4. (45 минута)	Пост-тест	Пост-тест и попуњавање упитника

3.3.2. Узорак истраживања

Узорак у истраживању је чинило 36 ученика седмог разреда из две основне школе на територији Београда, распоређених тако да је по 18 ученика било у експерименталној и контролној групи. Број укључених ученика у истраживању је одређен сходно максималном броју ученика који може бити присутан у водоводу због саме безбедности ученика и остваривања активности. Контролна и експериментална група биле су прилично уједначене према полу (у контролној групи је било девет дечка и девет девојчица, а у експерименталној групи десет дечака и осам девојчица). Није постојала статистички значајна разлика између група у погледу просечне оцене из хемије на крају првог полугодишта седмог разреда основне школе (просечна оцена из хемије ученика контролне групе на скали од 1 до 5 била је 4,2, док је у експерименталној групи била 4,0). Пре почетка истраживања, обављени су разговори са руководством и наставницима хемије у обе школе о предмету, циљевима и методологији планираног истраживања, као и о учешћу ученика. Након што је постигнута сагласност за наставак истраживања, закључен је уговор о сарадњи између Универзитета у Београду – Хемијског факултета и обе школе, који су потписали декан факултета и директори обе школе. На почетку истраживања, ученицима су објашњени циљеви истраживања и у каквим активностима се очекује да учествују. Исти наставник је радио истраживање са ученицима експерименталне и контролне групе. Сви ученици који су учествовали у истраживању добровољно су прихватили учешће. Саопштено им је и да могу одустати од планираних активности у било ком тренутку, да ће резултати које постигну бити коришћени само за потребе истраживања и да неће утицати на њихове оцене и крајњи успех из хемије. Понуђена им је могућност да, уколико то желе, могу бити информисани о резултатима које су остварили учешћем у овом истраживању.

3.3.3. Инструмент истраживања

За потребе истраживања креирана су два инструмента, тест за пре- и пост-тестирање и упитник. Задаци у тесту одговарају наставном програму и садржајима опште хемије у одобреним и актуелним уџбеницима хемије за седми разред основне школе. Тиме је осигурана могућност сваком ученику да одговори на захтеве теста. Тест садржи шест задатака, отвореног и затвореног типа, са укупно 17 захтева (Прилог 3). Задаци су се односили на две теме курикулума: *Хемија као експериментална наука и хемија у свету око нас* (први сет задатака – примери хемијских елемената, једињења и смеша) и *Хомогене и хетерогене смеше* (сетови задатака 2, 3, 4, 5 и 6 - раствори, смеше и методе за раздвајање састојака смеша). Током претходне наставе хемије ученици су стекли искуство у решавању примењених типова задатака у тесту и предзнање потребно да разумеју захтеве теста. Упитник коришћен у истраживању има пет питања отвореног типа и шест питања која подразумевају изражавање ставова на петостепеној Ликертовој скали процене (Прилог 4).

Валидност теста и упитника према постављеним циљевима и истраживачким питањима проверена је од стране чланова Катедре за наставу хемије, Универзитета у Београду - Хемијског факултета, два педагога и пет наставника хемије који нису били укључени у планирање самог истраживања. Такође, они су проверили да ли су сви захтеви теста у складу с наставним програмом хемије, да ли су јасно формулисани и да ли су сви ученици имали подједнаку могућност да током редовне наставе стекну потребно предзнање за формулисање одговора. Према добијеним проценама унапређена су оба инструмента. Поузданост теста испитана је преко унутрашње конзистентности, тј. одређен је Cronbach - alpha коефицијент (Taber, 2018). Cronbach alpha коефицијент унутрашње конзистентности теста на пре-тестирању био је 0,72, а пост-тестирању 0,74.

Поузданост упитника је утврђена за питања која обухватају Ликертову скалу, а нађена вредност Cronbach alpha коефицијента била је 0,77.

Будући да су вредности Cronbach alpha коефицијента унутрашње конзистентности веће од најниже дозвољене вредности 0,70, може се сматрати да тест и упитник имају задовољавајућу унутрашњу конзистентност (Nunnally, 1978).

Прикупљени подаци обрађени су коришћењем статистичког програма за друштвене науке (SPSS20). *t*-тест је спроведен како би се истражило да ли постоје разлике међу средњим резултатима група у пре- и пост-тесту, као и да би се истражила статистичка значајност разлике у проценту тачних одговора за сваку ставку између група. Одговори ученика на отвореним питањима у упитнику су кодирани и одређена је учесталост одговора унутар сваке категорије.

3.4. Методологија квази-експерименталног истраживања, с једном групом испитаника, ефеката учења на мрежи у контексту индустријске прераде воћа и производње воћног сока

3.4.1. Предмет, циљ и организација квази-експерименталног истраживања са ученицима

Предмет квази-експерименталног истраживања с једном групом јесу ефекти учења на мрежи о појмовима теме *Биолошки важна органска једињења*.

Циљ истраживања је био да се испитају ефекти примене Padlet-а са наставним материјалима и активностима осмишљеним у контексту индустријске производње воћних сокова на интеграцију и функционализацију знања хемије и других предмета код четрнаестогодишњака.

Из тако постављеног циља проистекла су следећа истраживачка питања:

- 1) Какви су ефекти примене Padlet-а са наставним материјалима и активностима осмишљеним у контексту индустријске производње воћних сокова на функционализацију знања хемије код четрнаестогодишњака и повезивање са знањем биологије, географије и историје?
- 2) Каква је перцепција ученика ефеката примене Padlet-а са наставним материјалима и активностима у контексту индустријске производње воћних сокова на сагледавање релевантности хемије и мотивацију за учење хемије?

Контекст индустријске прераде воћа и производње воћног сока изабран је зато што обухвата садржаје и активности релевантне за појединца и друштво, значајне за развој младих у одговорне грађане који брину о здрављу и животној средини, и има потенцијал да унапреди њихову хемијску и научну писменост. Уз то, изабрани контекст је прикладан оквир за илустрацију повезаности знања и вештина формираних учењем хемије са практичном применом у професионалним делатностима.

Истраживање је изведено у оквиру теме *Биолошки важна органска једињења* према наставном програму хемије за осми разред основне школе у Републици Србији.

Рад са ученицима одвијао се током шест часова хемије према распореду часова у школи, сваки у трајању од 45 минута. План активности током истраживања приказан је у табели 12.

Табела 12. Активности ученика у оквиру истраживања

1 час	Пре-тест
2 час	<ul style="list-style-type: none">• Посматрање наставног филма <i>Основе индустријске производње</i> о индустријској производњи генерално, подели индустрија, значају и утицајима индустријске производње на животну средину.• Рад ученика у оквиру осам група, од којих по две групе имају исти задатак: 1. идентификовање важних индустријских производа у Републици Србији и учртавање на географској карти места где се производе; 2. идентификовање материјалних ресурса из животне средине („услуге природе”) према приказаним фотографијама; 3. идентификовање спреге индустријске производње и животне средине у светлу <i>Одрживог развоја друштва</i> и <i>Агенде 2030</i>, и класификовање циљева; 4. идентификовање најважнијих индустријских проналазака и прављење ленте индустријске револуције.• Презентовање и дискусија резултата групног рада.
3 час	<ul style="list-style-type: none">• Посматрање филма <i>Рекламирање воћног сока</i>.• Дискутовање о тачности информација посредованих потрошачима путем реклама.• Рад ученика у оквиру осам група на задатку да осмисле поуздан рекламни материјал за воћни сок, а који може да укључи цртеж, слоган, маскоту, заштитни знак и слично.• Презентовање, критичка процена и дискусија припремљеног рекламног материјала.
4 час	<ul style="list-style-type: none">• Посматрање наставног филма <i>Воће као животна намирница. Сировине и индустријске операције у процесу прераде воћа и производње воћног сока</i> о својствима и хемијском саставу воћа, хранљивој вредности воћа као намирнице, сировинама и поступцима у индустријском производном процесу.• Рад ученика у оквиру осам група, од којих по две групе припремају мапу појмова из исте области, а у контексту теме о воћу као животној намирници: 1. липиди; 2. угљени хидрати; 3. аминокиселине и протеини; 4. витамини.• Презентовање и дискутовање мапа појмова.
5 час	<ul style="list-style-type: none">• Посматрање наставног филма <i>Индустријски производни процес прераде воћа и производње воћног сока</i> о сировинама и индустријским операцијама у производњи воћног сока.• Рад ученика у оквиру осам група, од којих по две имају исти задатак. Групе добијају картице на којима су представљени различити делови производног ланца, укључујући и утицај производа на животну средину. Картице би требало уредити тако да приказују животни циклус одабраног тржишног производа.• Презентовање и дискутовање о животном циклусу производа (воћни сок).
6 и 7 час	<p><i>Радионица: Колико заиста има воћа у соковима које пијемо? Водич за избор занимања.</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Избор водитеља који има први задатак да упути учеснике у тему радионице, а затим да води дискусију.• Процењивање истина или заблуда о воћним соковима. Ученици помоћу картона у боји исказују своје мишљење за сваки исказ: црвени картон – не слажем се, жути картон – немам мишљење, зелени картон – слажем се. Водитељ бележи и сумира резултате.• Формирање осам група ученика: публика, медији, индустријски произвођачи, потрошачи, невладина организација, лекари, пољопривредници и представници власти. Свака група добија припремини лист са описом додељене улоге и информацијама из различитих извора (подаци из научних истраживања, из медија, о фабрикама које производе воћне сокове, о састојцима воћних сокова и сл.). На основу договора чланова групе, представник групе износи став групе о теми радионице. Водитељ свакој групи даје прилику да говори уз могућност реплике. Након презентовања ставова

свих група, водитељ помоћу Gmeet апликације позива експерте, прехранбеног технолога и нутриционисту, да учеснике радионице упознају са својим занимањима и пруже одговоре на дилеме у вези с истинама и заблудама о воћним соковима.

- Извођење закључака о садржају воћа у воћним соковима.

8 и 9 час

- Пост-тест
 - Попуњавање упитника
-

На почетку истраживања ученици су решавали пре-тест ради утврђивања њиховог предзнања пре увођења третмана. Током следећа три часа ученици су систематизовали знање у контексту индустријских производних процеса прераде воћа и производње воћног сока, изводећи активности на дигиталној платформи – Padlet и апликацији Gmeet у простору учионице.

Садржаји на платформи Padlet били су:

- **Наставни филмови** са интегрисаним интерактивним елементима у Web окружењу уз Learning Apps за процену напредовања ученика у учењу кроз питања у вези с наставним филмовима. Ученици су добијали повратну информацију о тачности одговора и сугестију да поново погледају филм ако нису тачно одговорили.
- **Питања за дискусију** за подстицање интеракције ученик-ученик и ученик-наставник. Ученици су имали прилику да износе идеје и коментаришу, да лајкују коментаре или идеје других.
- **Активности и задаци** са упутствима о начина рада.
- **Материјал за учење** – садржаји који су обухваћени наставним филмовима били су доступни у још два формата: pptx и doc.
- **Продукти активности** презентовани су и дискутовани у оквиру Padlet-а. Ученици су имали прилику да постављају радове, да коментаришу и критички процењују радове других, да лајкују и предлажу идејна решења за унапређење радова.

Поред тога, ученици су имали прилику да у онлајн окружењу разговарају са прехранбеним технологом и нутриционистом.

По угледу на истраживања која се односе на сличну примену мултимедија (Diniaty, 2021), направљен је сценарио према коме су снимљени наставни филмови. Филмови у трајању од три до 15 минута, прављени су у високој резолуцији у MP4 формату. Према сценарију сниман је глас наратора и урађена је монтажа снимљеног материјала. Процена квалитета садржаја припремљених наставних филмова према постављеним циљевима и истраживачким питањима урађена је од стране чланова Катедре за наставу хемије, Универзитета у Београду - Хемијског факултета, једног педагога, једног психолога и два наставника хемије запослена у основним школама које нису биле у узорку овог истраживања. Поред тога, технички квалитет припремљених наставних филмова проценила су два стручњака за снимање, дизајн звука и медијску продукцију који имају 15 година радног стажа на тим пословима. Након усвојених сугестија, наставни филмови су процењени да су без елемената насиља и било каквог вида дискриминације, да су квалитетни и јасни по видео слици, звуку (без шума) и нарацији.

Наставни филмови су уграђени у дигиталну платформу Padlet за њихову примену на часу. Припремљени наставни филмови интегришу садржаје више предмета: биологије, географије, историје и хемије. У изабарном контексту подржавају функционализацију знања о својствима и физичким и хемијским променама неорганских и органских супстанци, о биолошки важним органским једињењима, о смешама и поступцима за раздвајање састојака смеша, као и интеграцију са појмовима из других научних дисциплина.

На петом часу испитани су ефекти примењеног приступа на постигнућа ученика помоћу пост-теста, а помоћу упитника на њихову перцепцију релевантности хемије и на њихову мотивацију.

3.4.2. Узорак истраживања

Узорак у истраживању је чинило 195 ученика осмог разреда из шест одељења из четири основне школе са различитих општина на територији града Београда. Сви су присуствовали на девет часова наставе: два за претходно и завршно тестирање, један за попуњавање упитника и шест за наставу путем Padlet-а. Другим речима, ученици који су били одсутни или су се повукли са активности током наведеног периода искључени су из наведеног узорка. Број таквих ученика био је веома мали. Након што је постигнута сагласност за учешће школа у истраживању, склопљен је уговор о сарадњи између Универзитета у Београду – Хемијског факултета и школа, који су потписали декан факултета и директори школа. На почетку истраживања ученицима су објашњени циљеви истраживања и врста активности у којима се очекује да учествују. У свим школама у узорку активности ученика је водио исти наставник. Сви ученици који су учествовали у истраживању добровољно су прихватили учешће. Саопштено им је и да могу одустати од планираних активности у било ком тренутку, да ће резултати које постигну бити коришћени само за потребе истраживања и да неће утицати на њихове оцене и крајњи успех из хемије. Понуђена им је могућност да, уколико то желе, буду информисани о постигнутим резултатима у истраживању.

3.4.3. Инструмент истраживања

За потребе истраживања развијена су два инструмента, тест за пре- и пост-тестирање, и упитник. Тест садржи десет задатака, девет затвореног и један отвореног типа, са укупно 26 захтева (Прилог 5). Задаци у тесту одговарају наставном програму хемије, биологије и географије за основну школу, и одобреним, актуелним уџбеницима ових предмета. Ученици су имали претходно искуство у решавању примењених типова задатака. Тиме је осигурана могућност сваком ученику да одговори на захтеве теста. У табели 13 наведено је шта је сваким задатком у тесту испитивано.

Табела 13. Опис задатака у тесту

Редни број	Задаци за проверу повезаности знања хемије	Редни број	Задаци за проверу повезаности знања хемије, биологије и географије
3.	Разврставање наведених примера у елементе, једињења и смеше.	1.	Процена тачности четири исказа о индустрији уопштено и о индустрији воћних сокова.
4.	Повезивање информација са етикете воћног сока са формулом једињења које припада најзаступљенијој класи биолошки важних органских једињења у соку.	2.	Процена тачности пет исказа о својствима и улогама појединих састојака воћа.
6.	Идентификовање физичке, односно хемијске промене воћа и воћних сокова.	5.	Одређивање редоследа процеса прераде воћа и добијања воћног сока.
8.	Примена знања о поступцима за раздвајање састојака смеше и њиховом избору према својству које имају састојци.	7.	Објашњење зашто се приликом производње сока примењује поступак пастеризације
9.	Идентификовање намене појединих супстанци које се као адитиви додају у индустријском поступку производње воћних сокова.		

Упитник коришћен у истраживању има двадесет и два питања која подразумевају изражавање ставова на четворостепеној Ликертовој скали процене и пет питања отвореног типа (Прилог 6). Ослањајући се на претходна истраживања у хемијском образовању о релевантности и мотивацији (Marks et al., 2008; Zidny and Eilks, 2022; Dittmar and Eilks, 2022), скала ставова је развијена и прилагођена тако да процени перцепцију ученика о релевантности, интересовању и ефективности учења хемије у контексту индустријских процеса. Поред тога, процењивала је ставове ученика о материјалима за учење и дигиталним технологијама (као што је Padlet), као и њихову критичку свест о прехранбеној индустрији и медијским информацијама.

Валидност теста и упитника према постављеним циљевима и истраживачким питањима проверена је од стране чланова Катедре за наставу хемије, Универзитета у Београду - Хемијског факултета, два педагога, једног психолога и три наставника хемије који нису били укључени у планирање истраживања. Такође, они су проверили да ли су сви захтеви теста у складу са наставним програмом хемије, да ли су јасно формулисани и да ли су сви ученици имали подједнаку могућност да током редовне наставе стекну потребно предзнање за формулисање одговора. Према добијеним проценама наставника унапређена су оба инструмента.

Поузданост теста је испитана путем унутрашње конзистентности, тачније Кудер-Ричардсонове формуле 21 (KR-21). Коефицијент KR-21 је био 0,73 на пре-тесту и 0,83 на пост-тесту. Поузданост упитника је утврђена за питања која обухватају Ликертову скалу, а нађена вредност Cronbach alpha коефицијента била је 0,81. На основу ових вредности може се сматрати да и тест и упитник имају прихватљиву интерну конзистентност (Nunnally, 1978; Taber, 2018)

Прикупљени подаци обрађени су коришћењем статистичког програма за друштвене науке (SPSS21). Како би се истражило да ли постоје разлике међу средњим резултатима група на пре- и пост-тесту спроведен је *t*-тест упарених узорака. Одговори ученика на отвореним питањима у упитнику су кодирани и одређена је учесталост одговора унутар сваке категорије.

3.5. Методологија квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи о производњи и пречишћавању воде у поређењу с наставом у учионици

3.5.1. Предмет, циљ и организација квази-експерименталног истраживања са ученицима

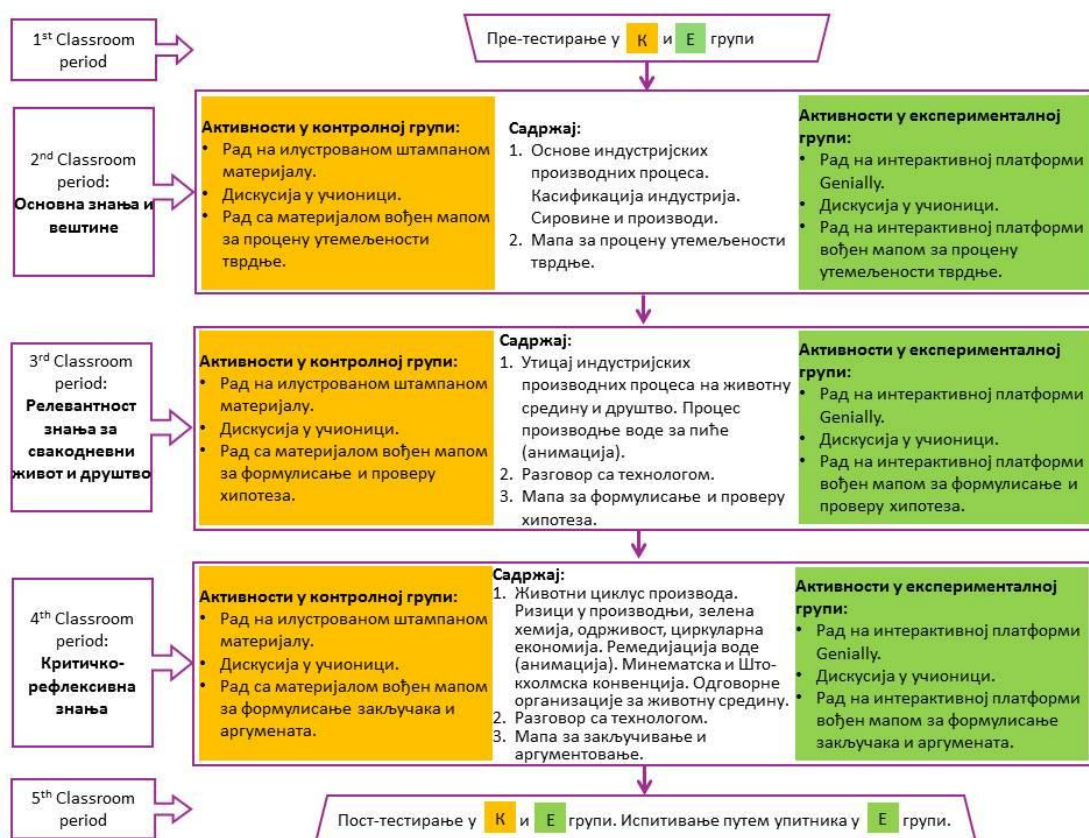
Предмет квази-експерименталног истраживања су ефекти учења на мрежи о производњи и пречишћавању воде на развој критичког мишљења. Постављена су два циља истраживања. Први циљ истраживања је испитивање и упоређивање ефеката учења садржаја о процесу производње и пречишћавања воде, посредованог путем штампаног текста и мултимедијално на дигиталној платформи за учење, на развој критичког мишљења четрнаестогодишњака. Посебан фокус је стављен на разумевање тих процеса, као и на способност ученика да обухваћене концепте примењују у анализи и решавању проблема повезаних са одрживим управљањем водним ресурсима. Други циљ истраживања је анализа ставова ученика о мултимедијалном садржају на дигиталној платформи за учење, с посебним

фокусом на његову релевантност за реални живот и утицај на мотивацију за учење хемије. Из постављених циљева проистекла су следећа истраживачка питања:

- 1) Који су ефекти учења садржаја о процесу производње и пречишћавања воде, посредованог путем штампаног текста и мултимедијално на дигиталној платформи за учење, на развој критичког мишљења четрнаестогодишњака?
- 2) Како ученици перципирају утицај мултимедијалног садржаја на развој критичког мишљења, релевантност стеченог знања за реални живот и мотивацију за учење хемије?

У складу са циљем студије и истраживачким питањима спроведено је квази-експериментално истраживање са паралелним групама.

Истраживање је фокусирано на процесе производње и пречишћавања воде, уз анализу утицаја индустријских процеса на животну средину, у оквиру теме *Неметали, оксиди и киселине*, у осмом разреду основне школе. Рад са ученицима контролне и експерименталне групе одвијао се током пет часова хемије према постојећем распореду часова у школи, сваки у трајању од 45 минута. Садржај и план активности у обе групе током истраживања приказани су на слици 30.



Слика 30. Садржај и активности у контролној и експерименталној групи током истраживања

Пре-тестирањем је утврђен ниво критичког мишљења код ученика у експерименталној и контролној групи на почетку истраживања. Током наредна три часа ученици контролне групе су развијали вештине критичког мишљења радом са илустрованим штампаним материјалом о процесу производње и пречишћавања воде за пиће, а ученици експерименталне групе радом на истом садржају, али представљеном мултимедијално на дигиталној платформи Genially.

Ученици обе групе имали су прилику да сазнају о раду технолога за прераду воде, који је представио своје занимање и детаљно објаснио процесе производње и пречишћавања воде.

Током разговора са ученицима, технолог је указао на повезаност ових процеса са заштитом животне средине, истакао добре стране, али и потенцијалне изазове. Активно укључивање стручњака из различитих области у наставни процес истакнуто је као корисна стратегија у бројним истраживањима (Goldberg et al., 2014).

На крају сваког часа ученици су спроводили самоевалуацију, вођени понуђеним мапама у материјалу, увежбавајући тако кључне аспекте критичког мишљења:

- оцену утемељености тврдњи,
- формулисање и тестирање хипотеза,
- извођење закључака, и
- анализу аргумената.

Ефекти примењеног приступа у експерименталној и контролној групи на крају су процењени пост-тестом. Упитником су испитани ставови ученика експерименталне групе о утицају мултимедијалног садржаја на развој критичког мишљења, релевантност стеченог знања за реални живот и мотивацију за учење хемије.

3.5.2. Узорак истраживања

Узорак у истраживању чинило је 267 ученика осмог разреда из 10 одељења три основне школе са различитих општина на територији града Београда.

Након добијања сагласности школа за учешће у истраживању, потписан је уговор о сарадњи између Универзитета у Београду – Хемијског факултета и школа, који су одобрили декан факултета и директори школа. Пре почетка истраживања ученицима су представљени циљеви истраживања и врсте активности у којима ће учествовати. Учесће ученика у истраживању било је добровољно, уз прибављену сагласност родитеља и јасно наглашену могућност да могу одустати од активности у било ком тренутку, без последица по њихов школски успех из хемије. Такође, ученицима је понуђена могућност да, уколико желе, буду обавештени о резултатима истраживања. Активности у школама је водио исти наставник.

Узорак је подељен на контролну и експерименталну групу случајном дистрибуцијом постојећих одељења у свакој школи. Контролну групу чинило је 123 ученика пет одељења осмог разреда, док је у експерименталној групи било 144 ученика из истог броја одељења. Анализом школског успеха из хемије на крају првог тромесечја осмог разреда утврђено је да између група није било статистички значајних разлика. Расподела ученика по полу била је слична у обе групе. У контролној групи било је 60 дечака (48,8 %) и 63 девојчице (51,2 %), док је у експерименталној групи било 65 дечака (45,1 %) и 79 девојчица (54,9 %). Поређење постигнућа из хемије на крају првог тромесечја није показало статистички значајне разлике између две групе, $t(265) = 0,892$, $p > 0,05$. Просечна оцена из хемије (на скали од 1 до 5) била је 3,36 за ученике у контролној групи и 3,22 за ученике у експерименталној групи. Иако претходна дигитална писменост није директно процењивана, постигнуће из обавезног предмета *Информатика и рачунарство* коришћено је као заменик индикатора дигиталних вештина ученика. Просечна оцена (на скали од 1 до 5) била је 4,38 за ученике у контролној групи и 4,26 за ученике у експерименталној групи. Није пронађена статистички значајна разлика између група у погледу постигнућа из информатике и рачунарства, $t(265) = 1,326$, $p > 0,05$.

С обзиром на то да су упоређене просечне оцене из овог предмета, две групе се могу сматрати сличним у погледу њихових дигиталних вештина, што ублажава забринутост око разлика у дигиталним вештинама које би могле да утичу на интервенцију и јача интерну валидност истраживања.

3.5.3. Модел учења и дизајн образовног материјала

За потребе истраживања развијен је модел за развој критичког мишљења о индустријским процесима производње и пречишћавања воде за пиће и њиховом утицају на животну средину. Он се заснива на моделу релевантности хемијског знања (Sjöström and Eilks, 2018; Sjöström *et al.*, 2020) и трансформисаном триплетном моделу (Mahaffy, 2006). Развијени модел одсликава различите нивое сложености хемијског знања, с визијом о развоју потребне научне писмености и научног образовања младих за живот у савременом друштву.

У овом моделу повезивање хемијског знања с индустријским производним процесима и разумевање утицаја тих процеса на животну средину представља основ за развој критичког мишљења и научне писмености ученика. Овакав приступ омогућава да они разумеју како знање хемије и друштвена одговорност доприносе решавању глобалних еколошких проблема. Тиме се код ученика освешћује њихово место у друштву као будућих одговорних грађана и професионалаца у одређеним областима, важност концепта одрживог развоја, еколошке свести и одговорности у вези с индустријским производним процесима, сагласно с другим истраживањима (Stuckey *et al.*, 2013; Eilks and Hofstein, 2015).

Модел за развој вештина критичког мишљења има шест димензија у контексту индустријских производних процеса и њихових утицаја на животну средину, и пет кључних аспеката критичког мишљења, чији се развој очекује у том контексту (слика 31).



Слика 31. Модел за развој вештина критичког мишљења у контексту индустријских производних процеса и њихових утицаја на животну средину

Према димензијама и елементима модела дизајнирани су илустровани штампани материјал и мултимедијални материјал за развој критичког мишљења. Учење и са штампаним и са мултимедијалним материјалом требало је да омогући да ученици:

- развијају критичко мишљење како би били способни да анализирају и процењују различите информације и приступе проблемима;

- разумеју значај одрживости и уче како да допринесу заштити животне средине у свакодневном животу и професионалној пракси;
- сазнају о важности воде као неопходног ресурса и сагледају различите аспекте употребе воде у оквиру индустријских процеса, као и утицаје тих процеса на животну средину;
- развију разумевање глобалних изазова повезаних са коришћењем и заштитом воде, и развију вештине потребне за предлагање и имплементацију одрживих решења.

И штампани и мултимедијални материјал о процесу производње и пречишћавања воде имају три целине: 1. основна знања и вештине о индустријској производњи, 2. релевантност знања за свакодневни живот и друштво, и 3. критичко-рефлексивна знања.

Мултимедијални материјали су развијени коришћењем Genially платформе, која омогућава креирање нелинеарних, интерактивних окружења за учење у којима ученици активно навигирају кроз садржај уместо да пасивно примају информације. Интерактивна навигација омогућава ученицима да се крећу између одељака, истражују додатна објашњења и поново проучавају концепте на основу својих индивидуалних потреба, подржавајући аутономију ученика и саморегулисано учење. Карактеристика Genially материјала била је употреба анимираних ликова (рака, медузе и рибе), који су функционисали као наративни водичи, а не као декоративни елементи. Ови ликови су уводили теме, постављали водећа питања и подстицали размишљање о људском утицају на водене екосистеме. Ликови су подржавали заузимање перспективе и етичко размишљање, што су важне компоненте критичког размишљања у контекстима животне средине.

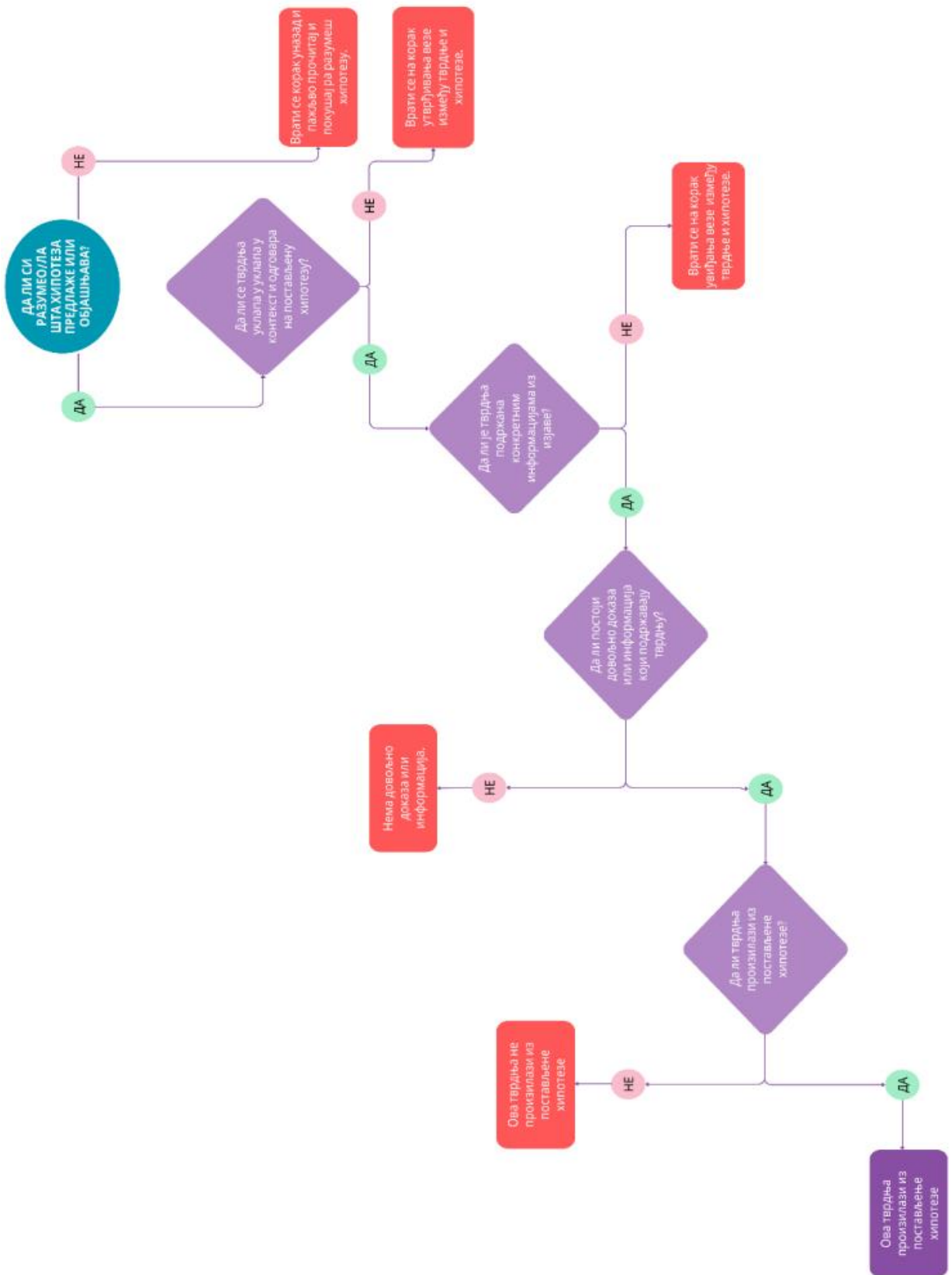
Поред уводних и основних текстова који представљају кључне концепте, материјал платформе Genially је садржао следеће интерактивне елементе:

- **Питање и одговор (Кликни, прочитај и одговори)** - кроз евалуацију подстиче активно учешће ученика и усмерава њихов процес учења, подстиче интеракције ученик-ученик, активну сарадњу и размену идеја међу ученицима, као и интеракције ученик-наставник.
- **Прочитај и сазнај (Кликни, прочитај и сазнај)** - пружа додатне информације и детаље о одређеним темама, чиме се ученицима нуди могућност да продубе своје знање.
- **Знање плус** - садржи напредне информације чиме се надограђује основно знање, пружајући додатни ресурс за напредније разумевање.
- **Погледај (Кликни и погледај)** – визуализација садржаја помоћу илустрација, фотографија, графикона као подршка ученицима да боље разумеју сложене концепте лекције.
- **Мапе** - помажу ученицима да кроз серију једноставних корака донесу логичне закључке. Ове мапе функционишу као упитници са одговорима „Да“ или „Не“, који воде ка јасном и брзом решењу, чиме се олакшава примена теоријских знања у практичном контексту. Пример једне од коришћених мапа приказан је на слици 32.
- **Увежбај (Кликни и увежбај)** - обухвата практичне задатке у којима ученици разматрају проблеме и развијају решења стимулишући практично учење и примену.
- **Погледај филм (Кликни и погледај филм)** - кратки анимирани филмови за илустрацију процеса производње воде за пиће и ремедијације, који помажу ученицима да разумеју сложене процесе кроз визуелну представу. Како би одабрани филмови били ефектни, сходно препорукама других истраживача, омогућена је прилагођена наративна прича и темпо према дужини филма (Mayer and Chandler, 2001; Hatch *et al.*, 2016), која одговара краткој форми (Harrison, 2019), и не оптерећује праћење. Квалитет филмова проценили су стручњаци из области хемије, педагогије, психологије и медијске продукције, који су дали препоруке за унапређење и потврдили да финалне верзије немају елементе насиља и дискриминације, и имају добар видео и аудио квалитет без шума.

У поређењу са традиционалним мултимедијалним алатима као што су линеарни инструктивни видео снимци или PowerPoint презентације, Genially нуди већу педагошку флексибилност комбиновањем интерактивности, гранања путања, тренутне повратне информације и мултимодалних репрезентација унутар једног окружења за учење.

Ова интеграција омогућава ученицима да активно конструишу разумевање, тестирају идеје и размишљају о исходима, процесима који су уско повезани са конструктивистичким принципима учења и развојем когнитивних вештина вишег реда.

Мултимедијалне материјале су прегледали стручњаци из хемије, педагогије, психологије и медијске продукције како би се осигурала научна тачност, педагошка прикладност и висок аудиовизуелни квалитет, као и одсуство предрасуда, насиља или дискриминаторног садржаја.



Слика 32. Мапа за тестирање хипотезе

3.5.4. Инструмент истраживања

За потребе истраживања развијени су тестови за пре- и пост-тестирање по узору на тестове које су саставили Danczak и сарадници (Danczak *et al.*, 2019). Резултати примене ових тестова требало је да омогуће процену промене у критичком мишљењу ученика основне школе у вези са специфичним контекстом прераде и пречишћавања воде за пиће. Тестови су дизајнирани да буду кратки и прилагођени узрасту ученика од четрнаест година. Састоје се од по пет задатка затвореног типа, са укупно 10 захтева (Прилог 7 и Прилог 8). Потребно време за решавање сваког теста је 30 минута, чиме се избегава да тестирање буде стресно или исцрпљујуће за ученике (Mizuno *et al.*, 2011). Задаци у тесту усклађени су са наставним програмом хемије за основну школу и одобреним, актуелним уџбеницима. Ученици су имали претходно искуство у решавању примењених типова задатка, чиме је осигурано да тип задатка не омета их у пружању одговора тиме што им је тип задатка непознат. У задацима је коришћена ученицима позната терминологија ради обезбеђивања разумевања захтева и бољег фокусирања на примену вештина критичког мишљења. Пре- и пост-тест су у основи имали исту форму и структуру, али су се разликовали по контексту у питањима. Овим приступом омогућена је процена развијања способности критичког мишљења током истраживања.

Тест садржи пет целина које се односе на следеће аспекте критичког мишљења: оцена утемељености тврдње, формулисање хипотеза, тестирање хипотеза, извођење закључака и анализа аргумената. Свака целина је имала по два захтева којима су испитивани аспекти критичког мишљења. Оба теста имала су одговарајуће специфично упутство за израду. Дизајниране лекције за развој критичког мишљења, примењене у контролној и експерименталној групи, омогућавале су свим ученицима једнаку основу за формулисање одговора на питања у тесту. На тај начин ученици су припремљени да примењују своје вештине критичког мишљења у описаним контекстима у тесту, што је омогућило процену њихових способности. У табели 14 наведено је у којим се задацима очекују поједини аспекти критичког мишљења и кратак опис контекста у којем се примењују.

Табела 14. Аспект критичког мишљења и контекст задатака на пре- и пост-тесту

Ознака питања	Аспект критичког мишљења	Контекст задатака на пре-тесту	Контекст задатака на пост-тесту
1 и 2	Оцена утемељености тврдње	Производња и пречишћавање воде за пиће у индустријском окружењу.	Улога индустријског процеса у производњи и пречишћавању воде за пиће за обезбеђивање безбедности и квалитета воде, као и допринос одрживом развоју.
3 и 4	Формулисање хипотезе	Утицај климатских промена на квалитет воде за пиће.	Аерација као процес у производњи и пречишћавању воде за пиће.
5 и 6	Тестирање хипотезе	Утицај концентрације хлорида на квалитет воде за пиће.	Контрола и смањење концентрације фосфата у процесу обраде воде за пиће.
7 и 8	Извођење закључка	Контрола квалитета сировине у процесу производње и пречишћавања воде за пиће.	Утицај киселих киша на квалитет воде за пиће.
9 и 10	Анализа аргумената	Примена третмана ремедијације за отпадне воде приликом процеса производње воде за пиће.	Сагоревање фосилних горива у постројењима фабрика за прераду, производњу и пречишћавање воде за пиће уз утицај на квалитет ваздуха и животну средину.

Упитник коришћен у истраживању има деветнаест исказа на петостепеној Ликертовој скали процене и једно питање отвореног типа (Прилог 9).

Валидност теста према постављеним циљевима и истраживачким питањима проверена је од стране чланова Катедре за наставу хемије, Универзитета у Београду - Хемијског факултета, два педагога, једног психолога, наставника хемије у стручном звању педагошког саветника са 20 година рада у настави, и три наставника хемије који нису били укључени у планирање истраживања. Такође, они су проверили да ли су сви захтеви теста у складу с наставним програмом, да ли су јасно формулисани, да ли су сви ученици имали подједнаку могућност да током редовне наставе стекну потребно предзнање и да одговоре на питања тестова која су укључивала критичко мишљење. Према добијеним проценама валидности теста од стране стручњака унапређена су оба инструмента. Уклоњена су или дорађена питања која су идентификована као нејасна, или су изазвала погрешне представе о научном садржају или водила погрешном закључивању.

Поузданост припремљених инструмената испитана је преко унутрашње конзистентности, тј. одређен је Cronbach - alpha коефицијент (Taber, 2018). Cronbach alpha коефицијент унутрашње конзистентности теста на пре-тестирању био је 0,70, а пост-тестирању 0,72. Cronbach alpha коефицијент унутрашње конзистентности упитника био је 0,89. Будући да су вредности Cronbach alpha коефицијента унутрашње конзистентности једнаке или веће од најниже дозвољене вредности 0,7 може се сматрати да тест има задовољавајућу унутрашњу конзистентност (Nunnally, 1978).

Прикупљени подаци обрађени су коришћењем статистичког програма за друштвене науке (SPSS20). *t*-тест је спроведен како би се истражило да ли постоје разлике међу аритметичким срединама резултата група на пре- и пост-тесту, као и да би се истражила статистичка значајност разлике у проценту тачних одговора у појединим аспектима критичког мишљења у групама. Одговори ученика на отвореним питањима у упитнику су кодирани и одређена је учесталост одговора унутар сваке категорије.

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

4.1. Резултати дескриптивног истраживања са наставницима

4.1.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1

Када говоримо о устаљеној наставној пракси, 51,6 % наставника реализује наставу хемије у учионици намењеној за наставу хемије, док 46,8 % наводи да нема могућност лабораторијског рада у школи. Лабораторијске вежбе и демонстрационе огледе предвиђене наставним програмом хемије у некој мери изводи 80,6 % наставника хемије у узорку. Лабораторијске вежбе и демонстрационе огледе не изводи 32,2 % наставника зато што им недостају инструменти, 21,0 % зато што им недостају супстанце, лабораторијски прибор и посуђе, 12,9 % због недостатка простора, а 33,9 % наставника хемије суочава се са свим поменутих недостацима.

Већина наставника хемије (91,9 %) предочава ученицима зашто је учење хемије релевантно за њих у свакодневном животу, док мање од половине (43,5 %) то чини истицањем значаја науке за друштво. Релевантност истицањем значаја науке за појединца и учењем хемије у контексту индустријске производње навело је по 32,3 % наставника хемије. Најмањи број наставника (27,4 %) предочава релевантност хемије у контексту професионалних делатности. Мали број наставника хемије (1,6 %) се не бави тим питањем или анализира студије случаја које се односе на друштвене проблеме.

4.1.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2

Анализа одговора наставника (табела 15) указује на јасну доминацију прагматичко-функционалног разумевања значаја индустријске и примењене хемије у образовању.

Табела 15. Одговори наставника о важности знања о индустријској и примењеној хемији у образовању

Одговори наставника	N(62)	%(100)
СТИЦАЊЕ ЗНАЊА УЧЕНИКА О УПОТРЕБИ, БЕЗБЕДНОЈ ПРИМЕНИ И ПРОИЗВОДЊИ СУПСТАНАЦИ.	16	25,8
УВИЂАЊЕ ЗНАЧАЈА УЧЕЊА ХЕМИЈЕ И ПРИМЕНА ЗНАЊА ХЕМИЈЕ У СВАКОДНЕВИЦИ.	11	17,7
ЗБОГ ПРОФЕСИОНАЛНЕ ОРИЈЕНТАЦИЈЕ И МОГУЋНОСТИ КАСНИЈЕГ ЗАПОСЛЕЊА.	9	14,5
ПРИБЛИЖИТИ ХЕМИЈУ НА ЗАНИМЉИВИЈИ И МАЊЕ АПСТРАКТАН НАЧИН.	6	9,7
РАЗВИЈАЊЕ СВЕСТИ О ЗАШТИТИ И ОЧУВАЊУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ.	5	8,1
ОПШТА КУЛТУРА.	4	6,5
МОТИВАЦИЈА УЧЕНИКА.	3	4,8
РАЗВИЈАЊЕ ПРЕДУЗЕТНИЧКИХ СПОСОБНОСТИ.	2	3,2
РАЗВИЈАЊЕ ДРУШТВА У ЦЕЛИНИ.	1	1,6
НАСТАВКА ОБРАЗОВАЊА.	1	1,6
ДАЈЕ СМИСАО УЧЕЊА НАУКЕ.	1	1,6
ЗНАЧАЈА „ПРИНЦИПА РАВНОТЕЖЕ” ОДНОСНО ХЕМИЈЕ ЗА ДРУШТВО И ПОЈЕДИНЦА.	1	1,6
Без одговора	2	3,2

Највећи проценат испитаника (25,8 %) истиче безбедну производњу и примену супстанци, што указује на оријентацију наставника ка развоју функционалне хемијске писмености. Овај налаз сугерише да наставници препознају хемију пре свега као дисциплину која омогућава сналажење у свакодневним и технолошким контекстима. Томе у прилог говори и друга по значају категорија (17,7 %), а која се односи на повезивање хемије са

свакодневним животом. Релативно нижи проценат одговора који се односе на мотивацију (4,8 %), предузетништво (3,2 %) и друштвени развој (1,6 %) указује на недовољно препознавање ширих образовних потенцијала индустријске хемије, посебно у домену трансверзалних компетенција.

Важна је релативно висока позиционираност професионалне оријентације (14,5 %), што указује на свест наставника о улози хемије у каријерном усмеравању ученика. Ипак, дисперзија одговора испод 10 % показује да не постоји јасно профилисан консензус о ширем образовном значају ових садржаја.

У табели 16 приказани су одговори наставника о најважнијим садржајима хемије за образовање ученика у области индустријске и примењене хемије (испитаници су могли да одаберу више од једног понуђеног одговора).

Анализа података у табели 16 открива да наставници дају предност традиционалним, фундаменталним садржајима, што указује на снажну укореењеност традиционалног наставног програма. Истовремено, релативно висока заступљеност тема као што су зелена хемија (58,1 %), рециклажа полимера (51,6 %) и прерада воде (45,2 %) указује на постепену интеграцију концепата који се односе на индустријску и примењену хемију и одрживост.

Међутим, дубља анализа показује структурну неравнотежу: савремени интердисциплинарни и технолошки сложенији садржаји (на пример, биоматеријали, фармацеутски производи, анализа супстанци) имају значајно нижу заступљеност. То може указивати на ограничену наставничку сигурност у новијим областима, недостатак адекватних наставних ресурса, или перцепцију да су ти садржаји превише комплексни за ученике.

Табела 16. Одговори наставника о најважнијим садржајима хемије за образовање у области индустријске и примењене хемије

Одговори наставника	N(62)	%(100)
Метали	48	77,4
Неметали	46	74,2
Киселине	45	72,6
Угљени хидрати	43	69,4
Амонијак	43	69,4
Хидроксиди	41	66,1
Грађевински материјали (цемент, малтер, креч...)	41	66,1
Оксиди	39	62,9
Соли	39	62,9
Масти и уља	39	62,9
Зелена хемија	36	58,1
Алкохоли	36	58,1
Угљоводоници	33	53,2
Прерада, производња и рециклажа полимера	32	51,6
Вештачка ђубрива	31	50,0
Витамини	30	48,4
Општа хемија	29	46,8
Сода бикарбона	29	46,8
Прерада воде	28	45,2
Садржаји везани за природне производе	27	43,5
Индустријски отпад	26	41,9
Протеини	26	41,9
Производња прехранбених производа нпр. сладолед, чоколада, млеко...	26	41,9
Рециклажа	25	40,3
Фармацеутски производи	23	37,1
Биоматеријали	22	35,5
Средства личне хигијене	21	33,9

Технологија производње хране и пића	18	29,0
Хемијске реакције	17	27,4
Раствори	17	27,4
Својства супстанци	16	25,8
Структура супстанце	14	22,6
Хемијске везе	13	21,0
Лекови	13	21,0
Анализа супстанци	12	19,4
Испитивање земљишта, воде и ваздуха	12	19,4
Рад са супстанцама	10	16,1
Последице загађивања животне средине	9	14,5
Контрола и управљање отпадом	8	12,9
Хормони	7	11,3
Прерада воћа и поврћа	4	6,5
Органска једињења која доприносе бољем квалитету живота	3	4,8
Материјали од опште важности	3	4,8
Динамит	3	4,8
Адитиви у животним намирницама	3	4,8
Козметички препарати	2	3,2
Средства за чишћење	2	3,2
Робна декларација	2	3,2
Стакло	2	3,2
Цемент	2	3,2
Нафта и земни гас	2	3,2
Ватростални материјали	1	1,6
Опасне супстанце и управљање опасним супстанцама	1	1,6
Тешка и лака индустрија и њихови производи	1	1,6
Композитни материјали у стоматологији	1	1,6
Текстилни материјали	1	1,6
Сапуни и детергенти	1	1,6
Боје и лакови	1	1,6
Опека	1	1,6
Законска регулатива	1	1,6
Хартија	1	1,6
Рентабилност производње (енергетика)	1	1,6
Не могу да издвојим	1	1,6
Нисам сигуран/на	2	3,2
Има их више	3	4,8
Без одговора	4	6,5

У табели 17 приказани су одговори наставника на питање колико често на часовима хемије укључују садржаје индустријске и примењене хемије.

Табела 17. Одговори наставника на питање колико често на часовима хемије укључују садржаје индустријске и примењене хемије

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Често	35	56,3
Ретко	19	30,6
Веома често	5	8,1
Не посвећујем пажњу тим садржајима	3	4,8

Резултати из табеле 17 показују да већина наставника (64,4 % када се саберу „често” и „веома често”) укључује индустријску хемију у наставу. Ипак, чињеница да 30,6 %

наставника то чини ретко указује на јаз између препорука у наставном програму хемије и наставне праксе. Наставни програми хемије за основу и средњу школу кроз упутство о начину реализације програма истичу да производи хемијске индустрије чине стално окружење савременог човека, а хемијску производњу као индикатор степена развоја друштва (Правилник о плану и програму наставе и учења за осми разред основног образовања и васпитања, 2019; Правилник о плану и програму наставе и учења за гимназију, 2020).

У табели 18 приказана је структура одговора наставника на питање о њиховој перцепцији колико су ученицима садржаји индустријске и примењене хемије корисни и тешки за разумевање.

У табели 18. Перцепција наставника о томе колико су ученицима садржаји индустријске и примењене хемије корисни и тешки за разумевање

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Тешки и корисни	37	59,7
Лаки и корисни	22	35,5
Тешки и некорисни	3	4,8
Лаки и некорисни	-	-

Већина наставника (59,7 %) перципира ове садржаје као „тешке, али корисне”. Ова комбинација указује на висок когнитивни захтев, али и на препознату вредност за ученике. Међутим, то такође имплицира потенцијалне педагошке изазове, јер висок ниво тежине може ограничити ефективност учења уколико није праћен адекватним дидактичким приступима.

У табели 19 приказани су одговори наставника о заступљености садржаја индустријске и примењене хемије у уџбеницима хемије. Већина (83,9 %) сматра да су ови садржаји само делимично или недовољно заступљени у уџбеницима. Тај налаз указује да су наставници можда и спремни да укључе ове садржаје, али немају довољну подршку у виду наставних материјала.

Табела 19. Одговори наставника о заступљености садржаја индустријске и примењене хемије у уџбеницима хемије.

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Делимично заступљени	35	56,5
Недовољно заступљени	17	27,4
У већој мери заступљени	9	14,5
Веома заступљени	1	1,6

У табели 20 приказани су одговори наставника на питање у којим областима на часовима хемије укључују садржаје из индустријске и примењене хемије. Приликом одговарања на ово питање испитаници су могли да одаберу више од једног понуђеног одговора.

Табела 20. Области хемије у које наставници укључују садржаје из индустријске и примењене хемије

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Неорганска хемија	51	82,3
Органска хемија	48	77,4
Хемија животне средине и зелена хемија	36	58,1
Биохемија	34	54,6
Општа хемија	12	19,4

Индустријска хемија најчешће се интегрише у лекције из неорганске и органске хемије, а најмање у лекције из опште хемије. Према одговорима наставника можда се може

закључити о пропуштеној прилици код једног броја њих да ове садржаје повежу са хемијом животне средине и зеленом хемијом.

У табели 21 приказани су одговори наставника на питање о презентовању садржаја индустријске и примењене хемије.

Табела 21. Одговори наставника на питање о презентовању садржаја индустријске и примењене хемије

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Веза између науке, технологије и друштва	46	72,6
Важност разумевања науке	19	30,6
Важност садржаја за појединца	19	30,6
Важност разумевања технологије	10	16,1
Професионална важност	10	16,1

Одговори већине наставника (72,6 %) показују да они у настави истичу везу између науке, технологије и друштва, што је у складу са STS (science–technology–society) приступом и показатељ је усаглашености наставне праксе са савременим образовним парадигмама. Међутим, нижи проценти за разумевање технологије (16,1 %) указују на дисбаланс у STS тријади. Мање од трећине наставника користи садржаје индустријске и примењене хемије за демонстрирање важности разумевања науке и значаја које то има за појединца. Развијање хемијске писмености, као компоненте научне писмености, један је од важних циљева и очекиваних исхода образовања у области хемије (Shwartz *et al.*, 2005). Научно и технолошко образовање је важно због тога што се бави питањима и проблемима стварног света (Solomon, 1993), а ученици би требало да буду оспособљени да знања из тих области примењују у различитим контекстима (Bingle and Gaskell, 1994; Pedretti, 2005) који се односе на утицај науке и технологије у друштвеним активностима. Уколико ученици нису достигли ниво функционалне научне писмености, они неће показати разумевање науке оријентисано на доношење одлука и учествовање у дискусијама које су неопходне за научна и техничка питања свакодневице (Baucal and Pavlović-Babić, 2010; Pavlović-Babić and Baucal, 2013). Такође, важно је навести да је знање из области науке, технике и технологије нужно за све ученике, а не само за појединаце (Greenbowe and Sanger, 1996).

У табели 22 приказани су одговори наставника на питање о садржајима којима најмање посвећују пажњу. Приликом одговарања на ово питање испитаници су могли да одаберу више од једног понуђеног одговора. Наставници најмање пажње посвећују савременим и технолошки напредним темама (суперпроводници, фотонични материјали, наноматеријали). То указује на „иновациони јаз“ у настави, који је вероватно последица: недовољне стручне обуке наставника, брзог развоја науке и спорих промена у наставним програмима хемије, и недостатка подршке у важећим наставним програмима у делу упутства о начину њиховог реализовања.

Супротно томе, традиционални садржаји (на пример, креч) имају мањи проценат занемаривања, што додатно потврђује доминацију укорењеног приступа.

Табела 22. Одговори наставника на питање о садржајима којима се најмање посвећује пажња

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Биоматеријали	40	64,5
Суперпроводници	40	64,5
Иновативна легура – метално стакло	36	58,1
Композитни материјали	34	54,8
Фотонични материјали	29	46,8
Биополимерни материјали	27	43,5

Амбалажа	27	43,5
Експлозивни	26	41,9
Напредни структурни материјали	25	40,3
Графен, угљеничне цеви, фулерени	24	38,7
Боје и пигменти	22	35,5
Биотехнологија	22	35,5
Рециклажни отпад	20	32,3
Биоремедијација	20	32,3
Принципи индустријског добијања	19	30,6
Добијање гвожђа у високој пећи	19	30,6
Добијање алуминијума из боксита	19	30,6
Хартија и целулоза	19	30,6
Циркуларна економија	18	29
Производња техничких гасова	18	29
Добијање амонијака Хабер-Бошовим поступком	17	27,4
Индустријско добијање Na_2CO_3 и KNO_3	17	27,4
Производња неорганских киселина и база	17	27,4
Производња органских киселина	16	25,8
Грађевински материјали	16	25,8
Ђубрива	16	25,8
Индустријски отпад	13	21
Креч	12	19,4
Гипс	12	19,4
Цемент	11	17,7
Бетон	11	17,7
Стакло	10	16,1
Керамика и порцелан	10	16,1
Вода за градску употребу и њена прерада	9	14,5
Ватростални материјали	8	12,9
Прехрамбена индустрија	8	12,9

У табели 23 приказани су одговори наставника на питање о садржајима којима би требало посветити пажњу на часовима хемије. Приликом одговарања на ово питање испитаници су могли да одаберу више од једног понуђеног одговора.

Табела 23. Одговори наставника на питање садржајима којима би требало посветити пажњу на часовима хемије

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Прехрамбена индустрија	55	88,7
Лака индустрија (средства за личну хигијену, лекови и супстанце из домаћинства)	50	80,6
Енергетика	25	40,3
Текстилна индустрија	24	38,7
Индустрија грађевинског материјала	21	33,9
Рударство	20	32,3
Металургија	20	32,3
Индустрија коже и обуће	18	29
Индустрија гуме	14	22,6
Електроиндустрија	12	19,4
Дуванска индустрија	12	19,4

Дрвна индустрија	10	16,1
Тешка индустрија	9	14,5
Металопраерађивачка индустрија	8	13,9
Машинска индустрија	4	6,5

Резултати из табеле 23 показују снажну оријентацију наставника ка свакодневно релевантним индустријама (прехранбена - 88,7 %, лака индустрија - 80,6 %). То указује да се у одређеној мери контекстуализује настава, али и да се занемарују бројни индустријски системи.

У табели 24 приказани су одговори наставника о учесталости наставе изван учионице током школске године. Према процентима одговора може се рећи да је таква настава ретка.

Табела 24. Одговори наставника о учесталости наставе изван учионице током школске године

Одговори наставника	N(62)	% (100)
1-2 пута	32	51,6
0 пута	21	33,9
3-4 пута	6	9,7
5-6 пута	2	3,2
Више од 6 пута	1	1,6

Иако је настава изван учионице у склопу редовне наставе ретка, већина наставника (93,6 %) сматра да би требало да се више организује (табела 25).

Табела 25. Одговори наставника о потреби да се више реализује настава хемије изван учионице

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Да	58	93,6
Не	4	6,4

У табели 26 приказана је процена наставника о корисности и занимљивости садржаја индустријске и примењене хемије, а који се остварују изван учионице.

Табела 26. Процена наставника о корисности и занимљивости садржаја индустријске и примењене хемије у оквиру наставе изван учионице

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Корисни и занимљиви	35	56,4
Корисни и незанимљиви	21	33,9
Некорисни и занимљиви	4	6,5
Некорисни и незанимљиви	2	3,2

Нешто више од половине испитаника (56,4 %) сматра да су садржаји индустријске и примењене хемије, разматрани изван учионице у оквиру индустријске посете, корисни и занимљиви. Трећина наставника процењује те садржаје корисним, али незанимљивим. Иако већина наставника садржаје доживљава као корисне, део њих не сматра их занимљивим, што указује на потребу за иновативним приступима и у том смислу осмишљеним програмима за професионални развој наставника. Учесталије активности изван учионице могле би да допринесу већој ангажованости ученика, бољем разумевању садржаја и јачању везе између наставе и аутентичног индустријског окружења.

У табели 27 приказане су процене наставника о томе колико садржаји индустријске и примењене хемије, разматрани у аутентичном окружењу, доприносе разумевању хемијских појмова

Табела 27. Одговори наставника о доприносу садржаја индустријске и примењене хемије у оквиру посета разумевању хемијских појмова

Одговори наставника	N(62)	% (100)
Веома доприносе разумевању хемијских појмова.	40	64,5
Умерено доприносе разумевању хемијских појмова.	14	22,6
Мало доприносе разумевању хемијских појмова.	5	8,1
Ни мало не доприносе разумевању хемијских појмова.	3	4,8

Скоро две трећине наставника (64,5 %) процењује да садржаји индустријске и примењене хемије у склопу индустријских посета веома доприносе разумевању хемијских појмова. То је у сагласности са препорукама у радовима, према којим се постигнућа ученика у области хемије могу унапредити у контексту производних процеса хемијске индустрије, у оквиру индустријских посета (Hofstein *et al.*, 2004; Hofstein and Kesner, 2006; Forest and Rayne, 2009; Hofstein and Kesner, 2015; Jung *et al.*, 2017).

У табели 28 приказани су садржаји индустријске и примењене хемије који могу да се разматрају у настави изван учионице, идентификовани од стране наставника. И у овом случају испитаници су могли да изаберу више одговора. Одговори показују да наставници најчешће повезују наставу изван учионице са конкретним, видљивим и свакодневним процесима (вода, кућна хемија, рециклажа). То указује на прагматичан избор садржаја, али и на могућност да се овај облик наставе прошири на сложеније индустријске системе.

Табела 28. Одговори наставника о садржајима хемије (индустријске и примењене хемије) који се могу реализовати наставом изван учионице

Одговори наставника	N (62)	% (100)
Добијање и прерада воде за пиће	24	38,7
Производи кућне хемије	17	27,4
Добијање неорганских киселина	17	27,4
Рециклажа	13	21,0
Животна средина	11	17,7
Практични радови у лабораторијама факултета, института и фабрикама	10	16,1
Животне намирнице	10	16,1
Производња и прерада нафте и нафтних деривата	9	14,5
Угљоводоници	9	14,5
Сви садржаји неорганске хемије	8	12,9
Грађевински материјали - креч	8	12,9
Сви садржаји органске хемије	7	11,3
Квалитет воде	7	11,3
Прехрамбена хемија и прехрамбени производи	6	9,7
Смеше	6	9,7
Сви садржаји у 7. и 8. разреду	6	9,7
Индустријска хемија и процеси производње	5	8,1
Производња маргарина и маслаца	5	8,1
Добијање етанола	4	6,5
Сви садржаји биохемије	4	6,5
Производња чоколаде	4	6,5
Производња биоетанола	3	4,8

Ђубрива	3	4,8
Хомогене смеше у природи – ваздух и вода	3	4,8
Карбоксилне киселине	3	4,8
Зелена хемија	2	3,2
Добијање ракије	2	3,2
Добијање шећера из шећерне репе и шећерне трске	2	3,2
Елементи и једињења	2	3,2
Посета музеју	1	1,6
Производња кондиторских производа	1	1,6
Производња керамике и порцелана	1	1,6
Материја и супстанца	1	1,6
Раствори	1	1,6
Стакло	1	1,6
Лекови	1	1,6
Угљени хидрати	1	1,6
Хигијенски заводи	1	1,6
Цемент	1	1,6
Алкохоли	1	1,6
Биоматеријали	1	1,6
Боје и лакови	1	1,6
Пигменти	1	1,6
Легуре	1	1,6
Алкохолно врење (ферментација)	1	1,6
Прерада меса и производа од меса	1	1,6
Прерада млека и млечних производа	1	1,6
Полимери	1	1,6
Добијање метала из руда	1	1,6
Индустрија сапуна и детергената	1	1,6
Дрвно-прерађивачка индустрија	1	1,6
Азот и фосфор	1	1,6
Производња гума	1	1,6
Киселе кише	1	1,6
Производња уља	1	1,6
Производња сокова	1	1,6
Енергетска пића	1	1,6
Тканине	1	1,6
Добијање соли	1	1,6
Посета азотари	1	1,6
Јаја	1	1,6
Без одговора	3	4,8

Закључак из података који се односе на друго истраживачко питање је да постоје три главна обрасца:

1. *Доминација функционално-прагматичког приступа*: наставници препознају значај индустријске хемије, пре свега кроз њену примену у свакодневном животу;
2. *Структурни јаз између потенцијала и наставне праксе*: иако постоји висока свест о значају ових садржаја, њихова имплементација је ограничена ресурсима и наставним програмом;
3. *Иновациони јаз*: савремене теме и технологије су недовољно заступљене.

То указује на потребу за континуираним професионалним развојем наставника, системским унапређењем наставних материјала и већом интеграцијом аутентичних контекста за учење хемије.

4.1.3. Резултати у вези с истраживачким питањем 3

У табели 29 наведен је број и проценат наставника који су на петостепеној Ликертовој скали процене изразили ставове о исказима о наставној пракси и настави изван учионице. Анализа ставова наставника указује на генерално позитивну оријентацију према настави изван учионице и њеној улози у настави хемије, што потврђује и укупна средња вредност ($M=3,78$; $SD=1,02$). Међутим, детаљнија анализа открива важне нијансе у перцепцији наставне праксе и ефеката овог облика учења.

Најнижа средња вредност односи се на исказ да ученици радо уче хемију ($M=2,95$), при чему се готово половина наставника (48,4 %) само делимично слаже. Овај налаз указује на постојање мотивационог дефицита, који би могао да се превазиђе управо кроз контекстуализацију наставе и примену аутентичних окружења учења. Перцепција наставника да аутентични контексти представљају кључни механизам за повећање релевантности и ангажованости ученика види се из њихових одговора о потенцијалу наставе изван учионице да обезбеди директан доживљај индустријског окружења ($M=4,18$; $SD=0,98$) и разумевање примене науке у реалним ситуацијама ($M=4,15$; $SD=0,96$). Наука уведена у ваншколском контексту је на тај начин „аутентичнија” (Braund and Reiss, 2006) и за ученике релевантнија. Непосредно искуство и доживљај током индустријске посете наглашава допринос хемијске индустрије у производњи и преради корисних материјала и ефектата технологија (Hofstein and Kesner, 2006; Nae *et al.*, 1982; Patil *et al.*, 2012).

Наставници високо вреднују и педагошке аспекте наставе изван учионице: међупредметно повезивање ($M=3,87$; $SD=0,95$), разноврсност метода ($M=3,90$; $SD=0,82$) и професионалну релевантност ($M=3,71$; $SD=1,03$). Међутим, релативно висока стандардна девијација код појединих исказа (на пример, $SD=1,46$ за остваривање исхода) указује на значајну варијабилност у искуству наставника, што може бити последица различитих услова рада, компетенција и институционалне подршке.

Директним доживљајем индустријског окружења ученици посматрају, доживљавају науку у узбудљивом искуству (Schmuckler and Siegelman, 1961) и усвајају информације у стварним ситуацијама (DeWitt and Storksdieck, 2008; Nilson, 2010).

Табела 29. Перцепције наставника о настави хемије и настави изван учионице, $N = 62$ (*1 – не слажем се; 2 – слажем се у мањој мери; 3 – делимично се слажем; 4 – слажем се у већој мери; 5 – слажем се у потпуности)

Искази	1*		2*		3*		4*		5*		M	SD
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
Моји ученици радо уче хемију.	4	6,5	12	19,4	30	48,4	15	24,2	1	1,6	2,95	0,88
У наставној пракси примењујем различите методе и облике рада.	-	-	3	4,8	15	24,2	29	46,8	15	24,2	3,90	0,82
Настава изван учионице је важан део васпитања и образовања ученика.	1	1,6	7	11,3	17	27,4	21	33,9	16	25,8	3,71	1,03
Настава изван учионице олакшава међупредметно повезивање садржаја хемије и других предмета.	1	1,6	4	6,5	14	22,6	26	41,9	17	27,4	3,87	0,95
Наставом изван	4	6,5	4	6,5	20	32,3	27	43,5	7	11,3	3,69	1,46

учионице лако се остварују исходи наставног предмета - хемија. Настава изван учионице је релевантна за ученике, за друштво и професионалну оријентацију.	2	3,2	6	9,7	14	22,6	26	41,9	14	22,6	3,71	1,03
Наставом изван учионице може се обезбедити директан доживљај индустријског окружења.	1	1,6	3	4,8	10	16,1	18	29,0	30	48,4	4,18	0,98
Контекст индустријске (примењене) хемије може заинтересовати ученике за учење хемије	3	4,8	4	6,5	11	17,7	25	40,3	19	30,6	3,85	1,08
Настава изван учионице омогућава да ученици сагледају примену науке у стварним ситуацијама.	1	1,6	3	4,8	9	14,5	22	35,5	27	43,5	4,15	0,96

У табели 30 наведен је број и проценат наставника који су на петостепеној Ликертовој скали процене изразили ставове о активностима у оквиру наставе изван учионице. Тиме се добија увид у конкретне наставничке праксе у реализацији наставе изван учионице. Општа средња вредност ($M=3,77$; $SD=1,21$) указује на умерено високу примену ових активности, али и на значајан простор за унапређење.

Образац који се издваја јесте доминација припремне фазе наставе: више од половине наставника у потпуности дефинише циљеве (53,2 %), активности (54,8 %) и временску динамику (48,4 %). То указује на висок ниво организационе свести и планирања. С друге стране, мање су заступљене активности које подразумевају дубље педагошко структурирање учења: креирање радних материјала ($M=3,29$), систематско бележење запажања ($M=3,44$) и провера постигнућа након активности ($M=3,58$). Овај дисбаланс указује на то да наставу изван учионице више карактерише добра организациона припрема, него што је то дидактички потпуно заокружен процес учења.

Сарадња са локалном заједницом ($M=3,47$) и укључивање експерата ($M=3,65$) умерено је заступљено, што указује на делимично искоришћен потенцијал аутентичног учења. Ово представља важан развојни простор, јер управо ови елементи доприносе професионалној оријентацији и разумевању улоге хемије у друштву.

Важно је правилно извођење наставе изван учионице (Anderson and Zhang, 2003; Kisiel, 2005; Wilson, 2011) и добијање основних информација о посети (Griffin, 2004; Rudmann, 1994, Carroll, 2007).

Сарадњом са локалном заједницом остварује се још једна могућност за учење (Wood, 2003; Herrmann, 2013), а укључивањем експерата омогућава се увид не само у будуће професије (Sanroman *et al.*, 2010), већ и могућност за сагледавање релевантности знања за доношење одлука (Stuckey *et al.*, 2013).

Табела 30. Перцепције наставника о активностима у различитим фазама наставе изван учионице, $N = 62$ (*1 – не слажем се; 2 – слажем се у мањој мери; 3 – делимично се слажем; 4 – слажем се у већој мери; 5 – слажем се у потпуности)

Искази	1*		2*		3*		4*		5*		<i>M</i>	<i>SD</i>
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
Пре извођења наставе изван учионице упознајем окружење које ће бити посећено.	3	4,8	5	8,1	7	11,3	21	33,9	26	41,9	4,00	1,15
Пре извођења наставе изван учионице ученицима саопштавам циљ овог вида наставе.	4	6,5	2	3,2	6	9,7	17	27,4	33	53,2	4,18	1,15
Пре извођења наставе изван учионице ученицима дајем информације о временској димамици током овог вида наставе.	3	4,8	3	4,8	8	12,9	18	29,0	30	48,4	4,11	1,12
Пре извођења наставе изван учионице ученицима дајем информације о активностима које ће имати током овог вида наставе.	4	6,5	5	8,1	5	8,1	14	22,6	34	54,8	4,11	1,24
Активности ученика током наставе изван учионице усклађујем са циљевима наставног плана и програма хемије.	5	8,1	4	6,5	8	12,9	23	37,1	22	35,5	3,85	1,21
Током планирања наставе изван учионице сарађујем са локалном заједницом.	8	12,9	6	9,7	11	17,7	23	37,1	14	22,6	3,47	1,30
Трудим се да активностима у оквиру наставе изван учионице ученици повезују претходно стечено знање с искуством које стичу посетом, излетом, екскурзијом	3	4,8	3	4,8	8	12,9	22	35,5	26	41,9	4,05	1,09
Планирам активности за наставу изван	6	9,7	5	8,1	8	12,9	25	40,3	18	29,0	3,71	1,25

учионоце повезане са
савременим
проблемима.

Планирам

активности за

наставу изван

учионице које

укључују експерте

различитих области.

Примењујем

различите стратегије

и методе учења у

реализацији наставе

изван учионице

За потребе наставе

изван учионице

креирам радне

материјале које

ученици користе

током реализације

овог вида наставе.

У настави изван

учионице редовно

планирам да ученици

бележе своја

запажања.

Након завршених

активности наставе

изван учионице по

повратку у школу

проверавам радне

материјале ученика.

Након завршених

активности наставе

изван учионице по

повратку у школу, са

ученицима

разговарам о

организованој

настави и искуству.

Након завршених

активности наставе

изван учионице

проверавам степен

стеченог знања

ученика.

5	8,1	5	8,1	12	19,4	25	40,3	15	24,2	3,65	1,17
3	4,8	7	11,3	11	17,7	23	37,1	18	29,0	3,74	1,14
5	8,1	9	14,5	21	33,9	17	27,4	10	16,1	3,29	1,15
6	9,7	7	11,3	19	30,6	14	22,6	16	25,8	3,44	1,26
6	9,7	8	12,9	15	24,2	14	22,6	19	30,6	3,52	1,32
5	8,1	3	4,8	7	11,3	21	33,9	26	41,9	3,97	1,21
8	12,9	6	9,7	11	17,7	16	25,8	21	33,9	3,58	1,39

У табели 31 наведен је број и проценат наставника који су на четворостепеној Ликертовој скали процене изразили ставове о добитима наставе изван учионице. Општи став наставника је оцењен као $M=2,50$ и $SD=0,72$. Највише вредновани аспекти односе се на: унапређење односа наставник-ученик (59,7 % потпуно слагање; $M=2,61$; $SD=0,71$), формирање трајнијих знања (56,5 % потпуно слагање; $M=2,63$; $SD=0,71$) и повећање мотивације ученика (56,5 % потпуно слагање; $M=2,56$; $SD=0,67$). Ови налази указују да

наставници препознају афективну и социјалну димензију учења као кључну предност овог приступа.

Међутим, нижи проценти потпуног слагања код сложенијих когнитивних исхода (на пример, саморегулација учења, лако усвајање нових знања) указују да наставници не перципирају у потпуности трансфер ових активности на више нивое когнитивне обраде. То може бити последица недовољно структурираних активности током и након наставе изван учионице. Другим речима, препознаје се утицај наставе изван учионице на мотивацију, али не да је увек оптимално искоришћена у когнитивном домену.

Нешто више од половине наставника (54,8 %) делимично се слаже са исказом да таква настава развија истраживачки дух ученика ($M=2,55$; $SD=0,67$), а 53,2 % да настава изван учионице повећава мотивацију за сналажење у различитим ситуацијама свакодневног живота ($M=2,52$; $SD=0,70$).

Наставом изван учионице може да се подстакне преиспитивање и унапређивање разумевања појмова и процеса учених током наставе (Forest and Rayne, 2009), дугорочнија ретенција знања (Hmelo-Silver, 2004), развијање способности критичког мишљења (Nilson, 2010; Chowdhury, 2013), развијање вештине комуникације (Hofstein and Rosenfeld, 1996), интересовања и мотивације (Orion, 1993) упорности, истрајности, одговорности, јачања моторичке способности, перцепције, спретности и сналажљивости у проналажењу и употреби когнитивних ресурса, развијање критичког мишљења и интеграција знања (Farmer and Wott, 1995; Fjortoft and Sageie, 2000; Storksdieck, 2006; Bamberger and Tal, 2007; Onyeiwu and Nguyen, 2018).

Табела 31. Ставови наставника о добитима наставе изван учионице, $N = 62$ (*1 – не слажем се; 2 – делимично се слажем; 3 – слажем се у потпуности; 4 – немам мишљење;)

Искази	1*		2*		3*		4*		M	SD
	N	%	N	%	N	%	N	%		
Настава изван учионице повећава мотивацију ученика.	4	6,5	21	33,9	35	56,5	2	3,2	2,56	0,67
Настава изван учионице повећава мотивацију за учење хемије.	5	8,1	22	35,5	33	53,2	2	3,2	2,52	0,70
Настава изван учионице повећава мотивацију наставника за рад.	6	9,7	28	45,2	19	30,6	9	14,5	2,50	0,86
Настава изван учионице унапређује односе између наставника и ученика.	5	8,1	17	27,4	37	59,7	3	4,8	2,61	0,71
Настава изван учионице доприноси формирању квалитетнијих знања.	5	8,1	21	33,9	32	51,6	4	6,5	2,56	0,74
Настава изван учионице доприноси формирању трајнијих знања.	4	6,5	19	30,6	35	56,5	4	6,5	2,63	0,71
Настава изван учионице утуче да ученици лако усвајају нова знања.	6	9,7	33	53,2	21	33,9	2	3,2	2,31	0,69
Настава изван учионице доприноси развоју стваралачких способности ученика.	5	8,1	29	46,8	24	38,7	4	6,5	2,44	0,74
Настава изван учионице	7	11,3	30	48,4	21	33,9	4	6,5	2,35	0,77

доприноси развоју способности управљања сопственим учењем. Настава изван учионице развија истраживачки дух ученика.	4	6,5	22	35,5	34	54,8	2	3,2	2,55	0,67
Настава изван учионице омогућује да ученици сагледају узрочно-последичне везе у оквиру посматране појаве и/или процеса.	4	6,5	26	41,9	30	48,4	2	3,2	2,48	0,67
Настава изван учионице унапређује способност ученика да планирају посету.	6	9,7	30	48,4	22	35,5	4	6,5	2,39	0,75
Настава изван учионице развија вештине сарадње и за тимски рад.	6	9,7	24	38,7	30	48,4	2	3,2	2,45	0,72
Настава изван учионице доприноси развијању свести о потенцијалним опасностима радних места и одговорности.	3	4,8	21	33,9	35	56,5	3	4,8	2,61	0,66
Настава изван учионице јача вештине и способности сналажења у различитим ситуацијама свакодневног живота.	5	8,1	22	35,5	33	53,2	2	3,2	2,52	0,70
Настава изван учионице развија логичко, критичко, дивергентно и стваралачко мишљење.	6	9,7	20	32,3	32	51,6	4	6,5	2,55	0,76

У табели 32 наведен је број и проценат наставника који су на четворостепеној Ликертовој скали процене изразили ставове о утицају различитих фактора на реализацију наставе изван учионице. Општи став наставника је оцењен као $M=2,72$ и $SD=0,60$. Резултати откривају главне системске баријере у реализацији наставе изван учионице. Најизраженији фактори су: прилагођавање школског распореда (88,7 %; $M=2,89$; $SD=0,32$), финансијске тешкоће (87,1 %; $M=2,84$; $SD=0,45$) и сигурност ученика (82,3 %; $M=2,89$; $SD=0,41$). Ови резултати указују да су препреке пре свега структурне и организационе, а не педагошке природе. Наставници показују спремност и позитивне ставове, али су ограничени контекстом у коме раде.

Значајно је да су фактори као што су компетенције наставника ($M=2,94$; $SD=0,57$) и подршка школе ($M=2,74$; $SD=0,57$) такође високо вредновани, што указује на потребу за системском подршком и професионалним развојем.

С друге стране, фактори попут локализације ($M=2,32$; $SD=0,78$) и временских услова ($M=2,45$; $SD=0,94$) имају мањи утицај, што сугерише да логистички изазови нису примарна препрека у односу на институционалне и финансијске.

Одговори наставника указују на уобичајене баријере у реализацији наставе изван учионице: недостатак ресурса и услова током дана за одржавање планиране активности, недостатак интересовања ученика, самопоуздања и стручности (Fägerstam, 2014; Glackin,

2016), забринутост због контролисања понашања и сигурности ученика (Anderson *et al.*, 2006; Jeronen *et al.*, 2017; Van Dijk-Wesseliuss *et al.*, 2018).

Табела 32. Ставови наставника о утицају различитих фактора на реализацију наставе изван учионице, $N = 62$ (*1 – не слажем се; 2 – делимично се слажем; 3 – слажем се у потпуности; 4 – немам мишљење;)

Исказ	1*		2*		3*		4*		M	SD
	N	%	N	%	N	%	N	%		
Финансијске тешкоће.	2	3,2	6	9,7	54	87,1	-	-	2,84	0,45
Подршка школе.	4	6,5	8	12,9	50	80,6	-	-	2,74	0,57
Планирање и припремање наставе изван учионице.	4	6,5	20	32,3	33	53,2	5	8,1	2,63	0,73
Вештине наставника за управљање активностима током реализације овог облика наставе.	-	-	12	19,4	42	67,7	8	12,9	2,94	0,57
Прилагођавање школског распореда када се овај вид наставе изводи радним даном.	-	-	7	11,3	55	88,7	-	-	2,89	0,32
Локализација – познавање места које се посећује.	12	19,4	18	29,0	32	51,6	-	-	2,32	0,78
Сигурност ученика у новој околини и свим активностима.	-	-	9	14,5	51	82,3	2	3,2	2,89	0,41
Временске прилике ове врсте наставе/учења.	12	19,4	17	27,4	26	41,9	7	11,3	2,45	0,94

Анализа резултата указује на постојање три главна обрасца:

1. *Висока вредносна оријентација уз умерену практичну реализацију:* Наставници препознају значај наставе изван учионице, али је њена имплементација делимично ограничена.
2. *Организациона доминација над дидактичком дубином:* Припрема наставе је добро развијена, али су активности које обезбеђују дубинско учење мање заступљене.
3. *Системске баријере као важни ограничавајући фактор:* Финансије, распоред и безбедност представљају главне препреке, што указује на потребу за институционалним решењима.

4.2. Резултати дескриптивног истраживања са ученицима

4.2.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1

У табели 33. приказане су карактеристике дистрибуције афективне, когнитивне и утилитарне димензије и преференција ефеката о индустријским посетама: аритметичка средина (*Mean*), стандардна девијација (*Sd*), *skewness* (скјунис) и *kurtosis* (куртозис) вредности.

Табела 33. Карактеристике дистрибуције димензија и укупног просечног става, $N=280$

Карактеристика	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>
Афективна димензије	3,55	1,28	-0,649	-0,174
Когнитивна димензија	3,33	1,24	-0,309	-0,944
Утилитарна димензија	3,72	1,32	-0,494	-0,858
Перцепција ефеката индустријске посете	3,90	1,24	-0,920	-0,218

Дескриптивна анализа показује да ученици исказују умерено позитиван општи став према индустријској и примењеној хемији ($M = 3,65$; $SD = 1,07$), што указује на релативно повољну, али не и стабилно консолидовану афективно-когнитивну оријентацију. Важно је нагласити да стандардна девијација већег обима (≈ 1) у свим димензијама указује на изражену хетерогеност ученичких ставова, што имплицира да постоје различити профили ученика, од високо мотивисаних до оних са неутралним или амбивалентним односом. Вредности *skewness*-а (негативне) указују на благу асиметрију ка вишим вредностима, што значи да је већи број ученика склонији позитивним ставовима, док куртозис у оквиру ± 1 указује на приближно нормалну дистрибуцију.

Афективна димензија ($M = 3,55$) указује на умерену емоционалну ангажованост ученика, али не и на изразиту мотивацију. Важан налаз је да ученици показују веће интересовање за контекстуализоване садржаје (индустријска и примењена хемија, $M = 3,76$; табела 34) у односу на општи однос према предмету ($M = 3,49$; табела 34). Практични и релевантни садржаји више мотивишу ученике од апстрактних теоријских садржаја (Sivan *et al.*, 2000; Hmelo-Silver, 2004; Hofstein *et al.*, 2004; Hofstein and Kesner, 2006; Chowdhury, 2013; Stuckey *et al.*, 2013; Itzek *et al.*, 2016).

Ученици дискрепантан образац има важну педагошку импликацију да није проблем у хемији као дисциплини, већ у начину њене презентације. Другим речима, ученици не одбацују хемију, већ апстрактне, деконтекстуализоване форме наставе. То је у складу са конструктивистичким приступима који наглашавају значај аутентичних контекста у учењу. Истовремено, релативно висока варијабилност ($SD = 1,28$) указује да афективни однос није стабилан, већ подложен утицају наставних приступа, наставника и искуства ученика.

Табела 34. Афективна димензија ставова ученика, $N=280$, (1-Не слажем се; 2-Делимично се не слажем; 3-Немам мишљење; 4-Делимично се слажем; 5-Слажем се).

Исказ	1*		2*		3*		4*		5*		<i>M</i>	<i>SD</i>
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%		
Волим да учим хемију.	20	7,1	34	12,1	77	27,5	88	31,4	61	21,8	3,49	1,17
Радо идем на часове хемије.	38	13,6	57	20,4	31	11,1	60	21,4	94	33,6	3,41	1,46
Садржаји индустријске и	21	7,5	20	7,1	57	20,4	89	31,8	93	33,2	3,76	1,20

примењене хемије су
занимљиви за учење.

УКУПНО ЗА СВЕ ИСКАЗЕ

3,55 1,28

Когнитивна димензија има најнижу просечну вредност ($M = 3,33$, $SD = 1,24$), што указује на перципиране тешкоће у разумевању садржаја. Перцепција разумљивости је нижа ($M = 3,26$), док је потреба за већом заступљеношћу ових садржаја висока ($M = 3,80$), тј. ученици желе више садржаја који им истовремено представљају изазов за разумевање. То може да значи да садржаји имају висок перципирани значај, али да недостају адекватне дидактичке стратегије (визуализације, модели, контекстуализација).

Посебно треба нагласити да највећа варијабилност у овој димензији указује на неуједначеност когнитивног приступа настави, што може бити последица разлика у предзнању, али и у квалитету наставне праксе.

Табела 35. Когнитивна димензија ставова ученика, $N=280$, (1-Не слажем се; 2-Делимично се не слажем; 3-Немам мишљење; 4-Делимично се слажем; 5-Слажем се).

Исказ	1*		2*		3*		4*		5*		M	SD
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
Садржаји индустријске и примењене хемије су лако разумљиви.	38	13,6	54	19,3	56	20,0	62	22,1	70	25,0	3,26	1,38
На часовима хемије посвећујемо пажњу садржајима који се односе на индустријску и примењену хемију.	20	7,1	102	36,4	48	17,1	76	27,1	34	12,1	3,01	1,19
Садржаји индустријске и примењене хемије су у уџбеницима хемије мало заступљени.	23	8,2	42	15,0	102	36,4	67	23,9	46	16,4	3,25	1,15
Садржаји о индустријским производним процесима и употреби хемијских производа треба да су више заступљени у настави хемије	17	6,1	27	9,6	59	21,1	70	25,0	107	38,2	3,80	1,22
УКУПНО ЗА СВЕ ИСКАЗЕ											3,33	1,24

Утилитарна димензија показује највише вредности ($M = 3,72$, $SD = 1,32$), што указује да ученици препознају практичну вредност хемије (табела 36). То је важан налаз јер указује на перципиране релевантности као кључног мотивационог фактора.

Међутим, нижа вредност у домену професионалне оријентације ($M = 3,38$) указује на недовољну експлицитну повезаност наставе са каријерним путевима. То сугерише да ученици препознају значај хемије за живот, али не и за сопствену будућност.

Утилитарна димензија ставова омогућава повезивање школског учења са индустријским, еколошким и здравственим контекстима, подстичући критичко мишљење и свест о практичној примени хемијског знања (Hofstein *et al.*, 2004; Hofstein and Kesner, 2006; Chowdhury, 2013; Eilks and Hofstein, 2015; Sjöström *et al.*, 2024).

Табела 36. Утилитарна димензија ставова ученика, $N=280$, (1-Не слажем се; 2-Делимично се не слажем; 3-Немам мишљење; 4-Делимично се слажем; 5-Слажем се).

Исказ	1*		2*		3*		4*		5*		M	SD
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
Знања из индустријске и примењене хемије су релевантна за мене у свакодневном животу.	19	6,8	30	10,7	48	17,1	73	26,1	110	39,3	3,80	1,25
Знања из индустријске и примењене хемије су релевантна за живот у савременом друштву.	28	10,0	20	7,1	42	15,0	73	26,1	117	41,8	3,83	1,31
Знања која стичем на часовима хемије, а односе на област индустријске и примењене хемије важна су за бригу о очувању здравља и животне средине.	11	3,9	37	13,2	50	17,9	77	27,5	105	37,5	3,81	1,18
Знања која стичем на часовима хемије, а односе на област индустријске и примењене хемије помажу ми да разумем повезаност индустријске хемије, примењене хемије и животне средине.	17	6,1	48	17,1	40	14,3	65	23,2	110	39,3	3,73	1,30
Учење хемијске терминологије која је у вези с индустријском и примењеном хемијом може ми помоћи да се снађем у реалним ситуацијама свакодневице.	29	10,4	46	16,4	35	12,5	24	8,6	146	52,1	3,76	1,48
Знања из индустријске и примењене хемије	42	15,0	33	11,8	59	21,1	69	24,6	77	27,5	3,38	1,39

су релевантна за
избор професије у
будућности.

УКУПНО ЗА СВЕ ИСКАЗЕ	3,72	1,32
-----------------------------	-------------	-------------

Може се закључити да ученици препознају важност учења хемије, делимично су емоционално ангажовани, али имају ограничено разумевање. Из тога произилази педагошки изазов како трансформисати перципирану релевантност у дубље разумевање и стабилну мотивацију.

4.2.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2

Резултати показују да ученици високо вреднују индустријске посете ($M = 3,90$; $SD = 1,24$), што их позиционира као важан контекст за учење (табела 37). Најзначајније перцепције ученика су да индустријске посете побољшавају разумевање ($M = 4,08$; $SD = 1,27$) и повећавају интересовање за учење хемије ($M = 4,03$; $SD = 1,18$). То указује да индустријске посете могу да делују као мост између когнитивне и утилитарне димензије, односно да подрже трансформацију апстрактног знања у смислено искуство сагласно значају контекстуалног учења и директне интеракције са реалним индустријским процесима (Mamlok-Naaman *et al.*, 2005; Eilks and Hofstein, 2015; Jung *et al.*, 2017; Hamper and Meisel, 2020; González-Peña *et al.*, 2021; Bütow and Eilks, 2023).

Табела 37. Ученичка перцепција ефеката индустријских посета, $N=280$, (1-Не слажем се; 2-Делимично се не слажем; 3-Немам мишљење; 4-Делимично се слажем; 5-Слажем се).

Исказ	1*		2*		3*		4*		5*		M	SD
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
Учење хемије кроз индустријску посету (уживо/online) повећава моје интересовање да учим хемију. Хемија се може боље разумети ако се настава хемије изводи у оквиру индустријске посете (уживо/online).	16	5,7	17	6,1	44	15,7	68	24,3	135	48,2	4,03	1,18
Експерти различитих професија укључени током индустријске посете (уживо/online) повећавају мотивацију за учење хемије. Разговор ученика с експертима различитих	12	4,3	33	11,8	64	22,9	61	21,8	110	39,3	3,80	1,20
	22	7,9	35	12,5	47	16,8	69	24,6	107	38,2	3,73	1,30

професија укључених у наставу хемије током индустријске посете (уживо/online) могу да допринесу одабиру будуће професије ученика. Експерти различитих професија укључени у наставу (уживо/online) током индустријске посете доприносе бољим постигнућима у решавању проблемских ситуација са којим се сусрећемо током свакодневног живота.	21	7,5	18	6,4	59	21,1	60	21,4	122	43,6	3,87	1,25
УКУПНО ЗА СВЕ ИСКАЗЕ											3,90	1,24

Интеракција са експертима различитих професија током посета повећава мотивацију за учење ($M = 3,80$) и омогућава ученицима да боље разумеју могућности професионалне оријентације ($M = 3,73$), док примена стечених знања у решавању проблемских ситуација у свакодневном животу ($M = 3,87$) потврђује практичну, утилитарну вредност ових активности. Ови резултати потврђују да индустријске посете поред афективног ефекта у виду већег интересовања ученика, олакшавају когнитивно разумевање садржаја и повезују школско учење са стварним животним и професионалним контекстима (Goldberg *et al.*, 2014; Eilks and Hofstein, 2015; Jung *et al.*, 2017; Hamper and Meisel, 2020), односно доприносе интеграцији теоријског и практичног знања (Hofstein *et al.*, 2004; Hofstein and Kesner, 2006; Sjöström *et al.*, 2024).

Резултати t -теста независних узорака показали су да ни пол ученика, ни разред ученика не утичу статистички значајно на афективну, когнитивну и утилитарну димензију ставова и перцепцију ефекта индустријске посете, нити на укупан став ($p > 0,05$). Иако су девојчице и ученици 7. разреда имали нешто више просечне вредности у односу на дечаке и ученике 8. разреда, те разлике нису биле статистички значајне. Утврђено је да дечаци имају нешто ниже просечне вредности на свим димензијама ставова у поређењу с девојчицама, али да ове разлике нису статистички значајне.

Слично, t -тест независних узорака показао је да ученици 7. и 8. разреда немају статистички значајне разлике према афективној димензији ($t = 0,154$, $p = 0,878$), когнитивној димензији ($t = -0,469$, $p = 0,640$), утилитарној димензији ($t = 0,270$, $p = 0,787$), перцепцији ефекта индустријске посете ($t = -0,290$, $p = 0,772$), нити укупном ставу ученика ($t = 0,326$, $p = 0,744$).

Утврђено је да ученици 7. разреда имају нешто више просечне вредности по свим димензијама ставова у поређењу са ученицима 8. разреда, али да разлике нису статистички

значајне. Ти резултати сугеришу да пол и разред не утичу значајно на ставове ученика према индустријској и примењеној хемији. И у другим истраживањима је нађено да технолошки процеси могу подједнако да привлаче пажњу и дечака и девојчица (Eilks and Hofstein, 2015).

Једносмерна анализа варијансе (*ANOVA*) по месту школе (табела 38) показала је да не постоје статистички значајне разлике у ставовима ученика према индустријској и примењеној хемији. Није утврђена статистички значајна разлика ни у афективној димензији ($F=0,443$, $p=0,642$), ни у когнитивној димензији ($F=0,577$, $p=0,562$), ни у утилитарној димензији ($F=0,302$, $p=0,740$), али ни у перцепцији ефекта индустријске посете ($F=1,045$, $p=0,493$), нити укупном ставу ученика ($F=0,559$, $p=0,572$).

Post Hoc Tukey тест такође није показао статистички значајне разлике у ставовима између појединачних група ($p > 0,05$), што потврђује резултате једносмерне анализе варијансе (*ANOVA*). Резултати показују да место школе (град, село, приградско насеље) не утиче значајно на ставове ученика нити на перцепцију ефекта индустријске посете.

Табела 38. *ANOVA*[#] по месту школе

Карактеристика	<i>M</i> Град (<i>N</i> =210)	<i>M</i> Село (<i>N</i> =42)	<i>M</i> Приградско насеље (<i>N</i> =28)	<i>F</i>	<i>P</i>
Афективна димензије	3,555	3,444	3,690	0,443	0,642
Когнитивна димензија	3,344	3,167	3,455	0,577	0,562
Утилитарна димензија	3,717	3,643	3,833	0,302	0,740
Перцепција ефеката индустријске посете	3,908	3,743	4,093	0,710	0,493
Укупни став	3,660	3,532	3,798	0,559	0,572

[#]*F* (2, 277) - једносмерна анализа варијансе

Одсуство статистички значајних разлика по полу, разреду и месту школе указује да су ставови релативно хомогени у популацији. То сугерише да индустријска и примењена хемија имају универзални потенцијал привлачности, као и да системски фактори наставе доминирају над индивидуалним разликама.

Корелациона анализа (табела 39) показала је да су све димензије ставова ученика према индустријској и примењеној хемији статистички значајно позитивне и повезане с перцепцијом ефекта индустријске посете ($p < 0,01$).

Најјача повезаност је између когнитивне димензије и перцепције ефекта индустријске посете ($r = 0,962$), што указује да ученици који боље разумеју хемијске концепте доживљавају посету као кориснију и интересантнију.

Афективна ($r = 0,755$) и утилитарна димензија ($r = 0,904$) такође показују јаке позитивне везе, док је корелација когнитивне и утилитарне димензије посебно јака ($r = 0,924$).

Високе вредности Пирсоновог коефицијента корелације могу указивати да код ученика овог узраста афективна, когнитивна и утилитарна компонента става функционишу као интегрисан конструкт општег позитивног односа према индустријској и примењеној хемији, при чему они који боље разумеју концепте индустријске хемије, обично доживљавају индустријску посету као кориснију (Patil *et al.*, 2012) и мотивишућу (McDermott, 2016).

Резултати такође сугеришу да разумевање, интересовање и препознавање практичне вредности хемије интензивира доживљај индустријске посете, подстиче свест о значају знања за будуће образовање, професију и улогу у друштву, те наглашавање примене хемије у свакодневици може повећати мотивисаност и релевантност учења (Hofstein *et al.*, 2004;

Mamlok-Naaman *et al.*, 2005; Hofstein and Kesner, 2006; Chowdhury, 2013; Sjöström *et al.*, 2024).

Табела 39. Пирсонове корелације димензија ставова и перцепције ефекта индустријске посете

Карактеристика	Афективна димензија	Когнитивна димензија	Утилитарна димензија	Перцепција ефеката индустријске посете
Афективна димензија	1	0,625**	0,606**	0,755**
Когнитивна димензија	0,625**	1	0,924**	0,962**
Утилитарна димензија	0,606**	0,924**	1	0,904**
Перцепција ефеката индустријске посете	0,755**	0,962**	0,904**	1

** Корелација је значајна на 0,01 нивоу.

Линеарном регресионом анализом испитан је појединачни утицај афективне, когнитивне и утилитарне димензије на перцепцију ефеката индустријске посете. Резултати једноставних регресија показују да све три димензије представљају статистички значајне предикторе. Утврђено је да је когнитивна димензија најснажнији предиктор перцепције индустријске посете, објашњавајући 92,6 % варијансе ($\beta = 0,962$; $R^2 = 0,926$; $F(1,278) = 3498,19$; $p < 0,001$), затим следи утилитарна димензија, са 81,8 % варијансе ($\beta = 0,904$; $R^2 = 0,818$; $F(1,278) = 1246,33$; $p < 0,001$), док афективна димензија такође показује значајан, али нешто слабији ефекат са 57,0 % објашњене варијансе ($\beta = 0,755$; $R^2 = 0,570$; $F(1,278) = 369,16$, $p < 0,001$). С обзиром на то да је висок степен међусобне повезаности когнитивне и утилитарне димензије, мултипла регресија није била поуздана за процену независних ефеката коефицијената, због чега је анализиран један по један предиктор. Резултати сугеришу да ученици перцепцију ефеката индустријске посете у већој мери повезују са когнитивним разумевањем хемијских концепта и уочавањем њихове практичне примене, док емоционални доживљај посете има нешто мањи утицај.

4.2.3. Резултати у вези с истраживачким питањем 3

У табели 40 приказани су одговори ученика на питање због чега су знања из индустријске и примењене хемије важна у образовању.

Табела 40. Одговори ученика на питање о важности знања из области индустријске и примењене хемије, $N=280$

Одговори ученика	$N(280)$	$\%(100)$
Стицање знања о безбедном управљају супстанцама и комерцијалним производима.	101	36,1
Увиђање значаја учења хемије и употреба хемијског знања у свакодневици.	47	16,8
Ширење професионалне свести међу млађом популацијом ученика.	39	13,9
Развијање свести о заштити и очувању животне средине.	25	8,9
Развијање предузетничких способности у свакодневном животу.	21	7,5
Развијање друштва и изазова у друштву.	14	5,0
Надограђивања знања у будућности и опште културе.	9	3,2
Не знам да објасним.	7	2,5
Немам мишљење.	5	1,8
Нису важна.	4	1,4
Без одговора	8	2,9

Највећи проценат ученика (36,1 %) сматра да је хемијско образовање важно за безбедну употребу супстанци и комерцијалних производа. Значај хемије у свакодневном животу истакло је 16,8 % ученика, док 13,9 % види њену улогу у развоју професионалне свести. Мали проценти показују неодлучност: 2,9 % ученика није дало одговор, 2,5 % није могло да објасни, док 1,4 % нема мишљење или сматра да ова знања нису важна. За ученике узраста тринаест и четрнаест година важно је да размишљају о будућој професионалној оријентацији пре избора средње школе (Kozić and Trivić, 2022). С тим у вези, истиче се релевантност науке, а тиме и хемије (Mandler *et al.*, 2012; Çiğdemoğlu and Geban, 2015) за друштво (Hofstein *et al.*, 2004; Stuckey *et al.*, 2013; Eilks and Hofstein, 2015) и за појединца, кроз развијање професионалне свести код младих (Kozić and Trivić, 2022; Bütow and Eilks, 2023). У табели 41 приказани су одговори ученика на питање да означи садржаје индустријске и примењене хемије којима би требало посветити више пажње на часовима хемије.

Табела 41. Одговори ученика на питање о садржајима индустријске и примењене хемије којима би требало посветити више пажње на часовима хемије, $N=280$

Одговори ученика	$N(280)$	$\%(100)$
Лака индустрија – средства личне хигијене, лекови, супстанце за домаћинство	148	52,9
Прехрамбена индустрија	140	50,0
Електроиндустрија	87	31,1
Енергетика	86	30,7
Текстилна индустрија	74	26,4
Индустрија коже, обуће и гуме	68	24,3
Рударство	56	20,0
Машинска индустрија	53	18,9
Дрвна и дуванска индустрија	52	18,6
Металургија	47	16,8
Металопрађивачка индустрија	33	11,8
Без одговора	12	4,3

При одговарању на ово питање ученици су могли да одаберу више од једног понуђеног одговора. Највећи проценат ученика, 52,9 %, сматра да је на часовима хемије потребно посветити више пажње садржајима о лакој индустрији (средствима личне хигијене, лековима и комерцијалним производима за домаћинство). Следећи по учесталости су садржаји прехранбене индустрије, које је навело 50,0 % ученика, затим 31,1 % наводи садржаје који се односе на електроиндустрију и 30,7 % садржаје о енергетици.

Најмањи проценат ученика, 16,8 %, се определио за садржаје металургије и 11,8 % металопрађивачке индустрије. На ово питање није одговорило 4,3 % ученика. Ови налази указују да ученици умеју да процене релевантност садржаја који захтевају додатно учење на часовима хемије (Holbrook and Rannikmäe, 2017; Sjöström *et al.*, 2020).

У табели 42 приказане су фреквенције одговора ученика о производима хемијске индустрије у Републици Србији.

Табела 42. Одговори ученика на питање о производима хемијске индустрије у Републици Србији, $N=280$.

Одговори ученика	$N(280)$	$\%(100)$
ДА	192	68,6
НЕ	76	27,1
Без одговора	12	4,3

У табели 43. приказани су производи хемијске индустрије у Републици Србији које су ученици наводили. На овом питању они су могли да дају више одговора, а приказани су само у потпуности тачни одговори ученика. У области тешке индустрије, 47,1 % ученика навело је производе електроиндустрије, док је 44,1 % ученика навело производе енергетике.

Од производа тешке индустрије, производи грађевинске индустрије су најмање помињани (од стране 8,8 % ученика). Од производа лаке индустрије, по 58,8 % ученика навело је производе прехранбене индустрије и средства за личну хигијену, средства за домаћинство, фармацеутске препарате, декоративну козметику, лекове, боје, лакове и лепкове. Производи дрвне индустрије су најмање помињани од осталих производа лаке индустрије (11,8 % ученика).

Ови резултати слажу се са претходним налазом, у коме су ученици истакли области индустријске и примењене хемије којима би требало посветити више пажње на часовима хемије.

Од 192 ученика који су одговорили на претходно питање, 102 ученика тачно је навело све одговоре, што чини 53,1 % ученика. Потребно је размотрити узроке који су довели до несигурности код дела ученика, имајући у виду да се питање односи искључиво на индустријске производе у Републици Србији. Разлози би могли да буду у начину на који су наставни садржаји представљени, формулацији самог питања, као и у степену повезивања теоријских знања са конкретним примерима из Републике Србије. Такође, могуће је да ове теме нису довољно интегрисане кроз наставу географије и хемије.

Табела 43. Одговори ученика о производима хемијске индустрије у Републици Србији, $N=102$

Категорија класификације	Производи	$N(102)$	$\%(100)$	
Тешка индустрија	Рударство и металургија	Црни метали (руде гвожђа и оплемењивачи челика-хром, манган, никал), обојени метали (бакар, олово, цинк), племенити метали (злато, сребро, платина), азбест, глина, цементни лапорац, кварцни песак, украсни камен, енергетски извори минералног порекла(угаљ, нафта, природни гас, шкриљци)	34	33,3
	Енергетика	Хидроенергија, енергија ветра, соларна енергија, енергија биомасе, геотермална енергија	45	44,1
	Машинска индустрија	Превозна средства (шинска, привредна и путничка возила), бродоградња, рударске и пољопривредне машине, алати и грађевинске машине, уређаји за домаћинство	22	21,6
	Електроиндустрија	Машине и уређаји за производњу, пренос и потрошњу енергије (електромотори, турбине, генератори, трансформатори, рендгенски апарати, каблови, електрични апарати за домаћинство, мотори за лифтове, радио и ТВ уређаји, опрема за аутоматизацију и електроника, каблови, електро опрема	48	47,1
	Металопрерађивачка индустрија	Рамови за бицикле, плоче за штедњак, челичне конструкције, железничке шине, вајани лимови и цеви	16	15,7
	Тешка хемијска индустрија	Киселине, соли, вештачка ђубрива, пластичне масе, детерџенти	13	12,7
	Индустрија грађевинског материјала	Цигла, цемент, цреп, керамика, стакло, креч, кварцни песак, мермер, грађевински камен	9	8,8

Лака индустрија	Прехрамбена индустрија (агроиндустрија)	Млински производи (брашно, хлеб, тестенина, пецива, зачини), шећер, кондиторски производи (чоколаде, бомбоне, кекс, крекери, флипс, вафл), уља за исхрану, млеко и производи од млека (сир, маслац, кајмак, јогурт), месо и производи од меса, воће и поврће (џемови, мармеладе, кандирано воће, сушено поврће, биолошки конзервисано поврће, замрзнути производи, пастеризовано поврће), безалкохолна пића (минералне воде, енергетска пића, производи прераде воћа и поврћа) и алкохолна пића (пиво, вино, жестока пића).	60	58,8
	Текстилна индустрија	Такнине, одећа, рубље, трикотажа, теписи, подне облоге, цинс	42	41,2
	Дрвна индустрија	Намештај, дрвна галантерија, папир	12	11,8
	Дуванска индустрија	Дуван, Puffs, VAPeS,	18	17,6
	Лака хемијска индустрија	Средства личне хигијене, средства за домаћинство, фармацевтски препарати, декоративна козметика, лекови, боје, лакови, лепкови	60	58,8
	Индустрија коже и обуће	Обућа, кожна галантерија	38	37,3
	Индустрија гуме	Пнеуматици, црева, цеви, профили за прозоре, лопта, обућа, чизме	21	20,6

У табели 44 приказани су одговори ученика на питање да ли знате да наведете индустријски производни процес који сте видели током школовања, а у табели 45 одговори оних који су потврдно одговорили на то питање.

Табела 44. Одговори ученика на питање да ли знате да наведете индустријски производни процес који сте видели током школовања, $N=280$

Одговори ученика	$N(280)$	$\%(100)$
ДА	152	54,3
НЕ	83	29,6
Без одговора	45	16,1

На овом питању ученици су наводили више одговора.

Табела 45. Индустријски производни процеси које су ученици видели током школовања, $N=152$

Одговори ученика	$N(152)$	$\%(100)$
Експерименти које изводи наставник/ца на часу хемије (идентификовање доказа за хемијске промене, испитивање растворљивости супстанци у погодном растварачу, добијање водоника реакцијом хлороводоничне киселине с цинком, корозија гвозденог ексера, сагоревање магнезијумове траке, сагоревање алкохола, доказивање биолошки важних једињења у узорцима намирница, испитивање електропроводљивости метала, извођење атрактивних експеримената: дух из боце, златна киша, лава лампа, хемијски скакач и вода ватру пали)	97	63,8
Учествовање на манифестацији популаризације науке (фестивал науке, отворене лабораторије факултета, научно вече ...)	67	44,1
Посета хемијској лабораторији на факултету.	54	35,5
Пројекти на часовима хемије (прављење модела атома, плаката о ефекту стаклене баште, киселим кишама и рециклажи...)	41	27,0
Филмови на часу хемије (прерада гвожђа у високој пећи, ваљаоница алуминијума, фабрика за производњу воде, фабрике за производњу намирница...)	32	21,1
Прављење сапуна у школској радионици.	21	13,8

Прерада воде за пиће у водоводу.	17	11,2
Посета медицинској лабораторији у здравственој установи.	12	7,9
Прављење виолине на часу музичке културе.	9	5,9
Добијање чоколадне бананице и флипса у фабрици.	6	3,9
Посета музеју чоколаде.	5	3,3
Употреба различитих техника цртања на часу ликовне културе (акварел, рециклажни производ)	4	2,6
Рад са машинама и алатима на часу технике и технологије.	3	2,0
Рад мотора са унутрашњим сагоревањем на часу технике и технологије.	2	1,3

Иако је 54,3 % ученика тврдило да препознаје индустријске процесе, њихови одговори показују да они мешају експерименте и лабораторијски рад са индустријским процесима, тј. да немају јасну концептуалну границу између лабораторијског и индустријског контекста.

Такође, 21,1 % ученика је имало виртуелно искуство уз помоћ филмова на часовима хемије који су посвећени преради гвожђа у високој пећи, ваљаоници алуминијума, фабрикама за производњу воде и намирница.

У табели 46 приказане су фреквенције одговора ученика на питање да ли знате државе које су највећи индустријски произвођачи и њихове индустријске производе, а у табели 47 одговори оних који су потврдно одговорили на то питање.

Табела 46. Одговори ученика на питање о државама које су највећи индустријски произвођачи, $N=280$

Одговори ученика	$N(280)$	$\%(100)$
ДА	192	68,6
НЕ	39	13,9
Без одговора	49	17,5

На овом питању ученици су наводили више одговора, а приказани су само у потпуности тачни одговори ученика.

Табела 47. Највећи индустријски произвођачи и њихови индустријски производи у одговорима ученика, $N=172$

Континенти	Држава	Производи	$N(172)$	$\%(100)$
Африка	Јужноафричка република	Злато, дијаманти, уран, вуна, агруми, дрвна грађа, електрична енергија, грожђе, вино	153	79,7
Северна Америка	САД	Кукуруз, боровнице, млеко, соја, шећерна репа, јабуке, свињско месо, нафта и земни гас	165	85,9
	Мексико	Кафа, сребро, олово, цинк, бакар, нафта, кукуруз, манго, авокадо, малине, јагоде	132	68,8
Јужна Америка	Бразил	Пшеница, кафа, шећерна трска, биогориво, нафта и природни гас, соја, памук, банане	120	62,5
Азија	Кина	Роботи, житарице, пиринач, угаљ, бакар, бродови, мобилни телефони, телевизори, компјутери, памук, текстил	172	89,6
	Индија	Чај, камени угаљ, гвожђе, дијаманти, боксит, памук, пиринач, зачини, козје млеко и месо, маслац, банане, поморанце, дрво за огрев, шећерна трска, конопља	160	83,3
	Турска	Дуван, памук, пшеница, чај, лешник, маслиново уље, смоква, гвожђе, челик	153	79,7

Европа	Русија	Дрво, нафта и земни гас, дијаманти, злато, бакар, олово, цинк	146	76,0
	Немачка	Аутомобили, гума, пластика, пиво, гвожђе и челик	111	57,8
	Италија	Аутомобили, жито, винова лоза, агрум, вино, тестенина	89	46,4
	Грчка	Маслине, грожђе, агруми, винова лоза, боксит, дуван	75	39,1
	Уједињено краљевство	Челик, телекомуникациона опрема, транспортна средства	66	34,4
	Шпанија	Грожђе, вино, маслиново уље, гвожђе, угаљ, жива, маслине, дуван	43	22,4
	Француска	Парфеми, вино, сир	42	21,9

На ово питање одговор је навело 68,6 % ученика. Одговори показују да ученици боље познају глобалну индустрију, него национални контекст.

У табели 48 приказане су фреквенције одговора ученика на питање да ли индустријски производни процеси и производи хемијске индустрије утичу на квалитет животне средине, а у табели 49 идентификовани су утицаји од стране ученика који су потврдно одговорили.

Табела 48. Одговори ученика на питање да ли индустријски производни процеси и производи хемијске индустрије утичу на квалитет животне средине, $N=280$

Одговори ученика	$N(280)$	$\%(100)$
ДА	224	80,0
НЕ	24	8,6
Без одговора	32	11,4

На овом питању ученици су наводили више од једног одговора.

Табела 49. Утицаји индустријских производних процеса и производа хемијске индустрије на квалитет животне средине у одговорима ученика, $N=167$

Позитивни ефекти	$N(167)$	$\%(100)$	Негативни ефекти	$N(167)$	$\%(100)$
Омогућавање бољег животног стандарда	67	29,9	Нежељени ефекти на здравље живог света	149	66,5
Убрзан привредни напредак и развој	55	24,6	Стварање разноврсног отпада	111	49,6
Промена привредне структуре	49	21,9	Смањење природних ресурса	102	45,5
Повећање броја запослених	43	19,2	Оштећења на биљкама и животињама	98	43,8
Промена структуре потрошње	36	16,1	Измена климатских услова	86	38,4
Повећање обима производње	24	10,7	Утицај на биолошку разноврсност	79	35,3
Јачање социоекономске структуре становништва	10	4,5	Смањење обрадивих површина тј. деградација тла	68	30,4
			Оштећења на грађевинским конструкцијама	62	27,7

Висок проценат ученика (80 %) препознаје утицај индустрије на животну средину, али квалитет одговора варира. Ученици лакше идентификују негативне ефекте, него што разумеју однос индустрије и одрживог развоја.

Резултати указују на потребу за бољим идентификовањем утицаја индустријских процеса на животну средину. Потребно је да ученици разумеју на који начин индустријски производи могу бити загађујуће супстанце животне средине. Како би се ова свест развила, садржаји о индустријским производним процесима, ризицима и опасностима њихове неправилне употребе, требало би да буду више заступљени у настави хемије. Ученици би требало да науче које мере могу применити како би умањили негативне ефекте на животну средину (Hofstein and Kesner, 2006).

Резултати истраживања указују на структурни образац према коме ученици уважавају значај хемије, заинтересовани су за контекстуализовано учење, а индустријске посете имају снажан ефекат на њих. Међутим, њихово разумевање садржаја индустријске хемије је ограничено, постоји конфузија у кључним појмовима, а уз то недостаје повезивање са професијама и локалним контекстом.

4.3. Резултати квази-експерименталног истраживања ефеката индустријске посете водоводу

4.3.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1

У табели 50 приказане су карактеристике дистрибуције резултата у обе групе испитаника на пре- и пост- тесту: број испитаника (N), минималан (Min) и максималан (Max) број поена на тесту, аритметичка средина ($Mean$), стандардна девијација (Sd), проценат тачних одговора (p), $skewness$ (скјунис) и $kurtosis$ (куртозис) вредности.

Табела 50. Карактеристике дистрибуције резултата на пре- и пост-тесту у обе групе испитаника (максималан број поена је 17), $N=36$

Група		N	Min	Max	$Mean$	p	Sd	$Skewness$	$Kurtosis$
Пре-тест	Контролна група	18	4	16	10,1	59,1	3,3	0,087	-0,756
	Експериментална група	18	3	15	9,2	53,9	3,5	0,115	-0,789
Пост-тест	Контролна група	18	4	15	9,6	56,2	3,2	0,030	-0,985
	Експериментална група	18	8	17	12,7	74,6	2,9	0,075	-0,958

Као што се може видети у табели 50, вредности скјуниса и куртозиса налазе се унутар прихватљивог опсега (± 1), па се стога може сматрати да је дистрибуција резултата нормална. Нормалност дистрибуције добијених резултата испитана је и помоћу *Shapiro-Wilk* теста, погодног за проверу карактеристика дистрибуције резултата на малом узорку (табела 51).

Табела 51. Процена нормалности дистрибуције резултата *Shapiro-Wilk* тестом

<i>Shapiro-Wilk</i> тест	Пре-тест			Пост-тест			Пре-тест			Пост-тест		
	Контролна група			Експериментална група			Контролна група			Експериментална група		
	W	df	p	W	df	p	W	df	p	W	df	p
	0,975	18	0,883	0,963	18	0,660	0,956	18	0,532	0,927	18	0,173

На основу резултата приказаних у табели 51 закључено је се дистрибуција резултата на пре- и пост-тесту у контролној и експерименталној групи може сматрати нормалном.

Применом t -теста за независне узорке (табела 52), утврђено је да се групе статистички значајно не разликују по постигнућима на пре-тесту, тј. да ученици у експерименталној и контролној групи имају слична предзнања. Међутим, аритметичка средина резултата пост-теста у експерименталној групи је статистички значајно већа од аритметичке средине постигнутих резултата у контролној групи.

Табела 52. Резултати t -теста за испитивање статистичке значајности разлике аритметичких средина независних узорака на пре- и пост-тесту.

	t -тест		
	t	df	p
Пре-тест	0,778	34	0,442
Пост-тест	-3,050	34	0,004

У табели 53 приказан је број и проценат ученика у обе групе који су тачно и нетачно одговорили на захтеве пре-теста, као и вредности t теста којим је испитана статистичка значајност разлике процената тачних одговора у групама. Разлика у процентима тачних одговара у две групе испитаника није статистички значајна ни на једном захтеву пре-теста, при чему је контролна група дала већи проценат тачних одговора на 13 од 17 захтева. Тиме је утврђено слично предзнање ученика обе групе о испитиваним садржајима.

Табела 53. Фреквенције тачних и нетачних одговора у контролној и експерименталној групи на пре-тесту (максималан број поена на тесту је 17)

Захтев	Контролна група ($N=18$)				Експериментална група ($N=18$)				t_{K-E}
	Тачни одговори		Нетачни одговори		Тачни одговори		Нетачни одговори		
	N	%	N	%	N	%	N	%	
1a	6	33,3	12	66,7	10	55,6	8	44,4	-1,338
1b	6	33,3	12	66,7	9	50,0	9	50,0	-1,000
1c	7	38,9	11	61,1	6	33,3	12	66,7	0,338
1d	13	72,2	5	27,8	11	61,1	7	38,9	0,692
1e	15	83,3	3	16,7	12	66,7	6	33,3	1,144
1f	15	83,3	3	16,7	13	72,2	5	27,8	0,786
2	9	50,0	9	50,0	8	44,4	10	55,6	0,325
3a	13	72,2	5	27,8	10	55,6	8	44,4	1,027
3b	14	77,8	4	22,2	10	55,6	8	44,4	1,414
3c	14	77,8	4	22,2	13	72,2	5	27,8	0,375
3d	11	61,1	7	38,9	9	50,0	9	50,0	0,656
3e	15	83,3	3	16,7	11	61,1	7	38,9	1,493
4	2	11,1	16	88,9	4	22,2	14	77,8	-0,879
5	12	66,7	6	33,3	11	61,1	7	38,9	0,338
6a	11	61,1	7	38,9	8	44,4	10	55,6	0,987
6b	8	44,4	10	55,6	11	61,1	7	38,9	-0,987
6c	10	55,6	8	44,4	9	50,0	9	50,0	0,325

У табели 54 приказан је број и проценат ученика у обе групе који су тачно и нетачно одговорили на захтеве пост-теста, као и вредности t -теста којим је испитана статистичка значајност разлике процената тачних одговора у групама.

Табела 54. Фреквенције тачних и нетачних одговора у контролној и експерименталној групи на пост-тесту (максималан број поена 17)

Захтев	Контролна група ($N=18$)				Експериментална група ($N=18$)				t_{K-E}
	Тачни одговори		Нетачни одговори		Тачни одговори		Нетачни одговори		
	N	%	N	%	N	%	N	%	
1a	6	33,3	12	66,7	13	72,2	5	27,8	-2,466*
1b	8	44,4	10	55,6	11	61,1	7	38,9	-0,987
1c	8	44,4	10	55,6	11	61,1	7	38,9	-0,987
1d	14	77,8	4	22,2	17	94,4	1	5,6	-1,448
1e	14	77,8	4	22,2	13	72,2	5	27,8	0,375
1f	13	72,2	5	27,8	13	72,2	5	27,8	0,000
2	10	55,6	8	44,4	11	61,1	7	38,9	-0,329
3a	13	72,2	5	27,8	14	77,8	4	22,2	-0,375
3b	10	55,6	8	44,4	16	88,9	2	11,1	-2,338*
3c	13	72,2	5	27,8	17	94,4	1	5,6	-1,821
3d	8	44,4	10	55,6	16	88,9	2	11,1	-3,117*
3e	16	88,9	2	11,1	14	77,8	4	22,2	0,879
4	5	27,8	13	72,2	9	50,0	9	50,0	-1,365
5	9	50,0	9	50,0	12	66,7	6	33,3	-1,000
6a	8	44,4	10	55,6	13	72,2	5	27,8	-1,712
6b	9	50,0	9	50,0	14	78,8	4	22,2	-1,761
6c	8	44,4	10	55,6	14	78,8	4	22,2	-2,121*

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

Помоћу t -теста испитана је статистичка значајност разлике процената тачних одговора на пре- и пост-тесту у свакој групи испитаника (табела 55). У табели су наведени и редни бројеви активности у водоводу из табеле 11 које су могле утицати на постигнуте резултате на тесту.

Табела 55. Значајност разлике процената тачних одговора у контролној и експерименталној групи на пре- и пост-тесту, као и на пост-тесту између група, и активности експерименталне групе

Захтев	$t_{\text{пост-тест-пре-тест}}$	$t_{\text{пост-тест-пре-тест}}$	t_{K-E}	Активности у експерименталној групи (табела 2)*
	Контролна група	Експериментална група		
1a	0,000	-1,374	-2,466*	(I)
1b	-1,458	-1,458	-0,987	(I)
1c	-0,566	-2,557*	-0,987	(I)
1d	-1,000	-2,915*	-1,448	(I)
1e	1,000	-0,437	0,375	(I)
1f	1,458	0,000	0,000	(I)
2	-0,566	-1,844	-0,329	(I), (II),(III)
3a	0,000	-2,204*	-0,375	(I)
3b	1,288	-2,062	-2,338*	(I)
3c	0,369	-2,204*	-1,821	(I)
3d	1,374	-2,715*	-3,117*	(I)
3e	-0,566	-1,844	0,879	(I)
4	-1,844	-2,557*	-1,365	(II),(III)
5	1,844	-0,566	-1,000	(II),(III)
6a	1,844	-2,557*	-1,712	(II),(III)
6b	-0,369	-1,000	-1,761	(II),(III)
6c	0,697	-2,051	-2,121*	(II),(III)

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

У првом задатку пре-теста, у којем се очекивало разврставање наведених примера у елементе, једињења и смеше, ученици обе групе су успешније идентификовали примере хемијских елемената, него примере хемијских једињења и смеша (вода као чиста супстанца и воде у природи или домаћинству). Четири ученика контролне групе и два ученика експерименталне групе изјавило је да није имало дилему у вези с одговорима.

Најучесталија дилема у обе групе односила се на кишницу (седам ученика у контролној гупи, 38,9 % и девет ученика у експерименталној групи, 50,0 % то је изјавило), а затим за дејонизовану воду (према одговорима по четири ученика у обе групе, 22,2 %). По један ученик контролне групе и два експерименталне су имали дилему у вези с примером чесменска вода. Један ученик контролне групе имао је дилему у вези с морском водом, а један ученик експерименталне групе у вези с кисеоником. И друга истраживања указују на проблеме ученика у разликовању примера хемијских елемената, једињења и смеша (Stains and Talanquer, 2007), а имајући у виду проценат нетачних одговора и истакнуте дилеме, ученицима у овом истраживању представљало је проблем да разликују воду као чисту супстанцу од вода у природи које су смеше.

Други задатак односио се на процену да ли је вода за пиће засићен, незасићен или презасићен раствор. Процент тачних одговора на овом задатку је показао да у односу на број ученика обе групе који знају да је чесменска вода смеша, мањи број њих идентификује је и као незасићен раствор, што може бити последица деконтекстуализованог приступа у настави (Pınarbaşı and Canpolati, 2003).

У трећем задатку ученици су повезивали воде у природи с агрегатним стањем у којем су оне у природи. Најфреквентнији тачан одговор у контролној групи односио се на ледник, а у експерименталној на језерску воду. Најмањи број тачних одговора у обе групе ученика односио се на агрегатно стање подземних вода. Процент тачних одговора и на овом задатку указују на проблем деконтекстуализованог приступа у настави хемије, као и на недовољно повезивања садржаја хемије са садржајима других предмета (географије на првом месту).

У четвртном задатку описана је поставка експеримента чији резултат би требало да укаже о масеном уделу растворених чврстих састојака у смешама: минерална вода, кишница и чесменска вода. У односу на остале захтеве теста, најмањи број тачних одговора у обе групе је постигнут на овом захтеву, што додатно указује на проблем ученика у разумевању састава вода у природи и чесменске воде.

Петим задатком испитивано је знање ученика о поступку добијања меке воде. Око две трећине ученика обе групе је међу понуђеним одговорима тачно изабрало одговарајући поступак.

Први захтев шестог задатка односи се на процесе прераде воде, а од ученика се очекивало да према наведеним описима сваког процеса одреде којим редоследом би требало да се изведу. У другом захтеву овог задатка од ученика се очекивало да направе трансфер знања о поступку цеђења на конкретан контекст и улогу слоја шљунка и песка приликом прераде воде поступком цеђења у циљу уклањања нечистоћа. Трећи захтев шестог задатка се односио на примену поступка озонизације или прехлорисања воде. Одговори ученика обе групе указују на потребу да се приликом обраде поступака за раздвајање састојака смеша примењују различити контексти у циљу формирања функционалнијег знања, применљивог и на примерима који се односе на реалне ситуације.

Број тачних одговора у контролној групи на пост-тесту у односу на пре-тест повећан је на седам захтева, на два захтева је остао непромењен, али је на осам захтева смањен. Иако је утврђено да нема статистички значајне разлике међу процентима тачних одговора ученика контролне групе на пре- и пост-тесту (табела 55), требало би да се преиспита зашто је традиционални приступ изазвао конфузију код неких ученика, посебно у идентификовању примера елемената и примене знања о поступцима за раздвајање састојака смеше. У односу на број тачних одговора на пре-тесту, ученици експерименталне групе су дали више тачних

одговора на 15 од 17 захтева пост-теста (на једном захтеву, 1f, дали су исти број тачних одговора и на једном захтеву, 1e, за један мање број тачних одговора). Ученици експерименталне групе су статистички значајно унапредили своја постигнућа на пост-тесту у поређењу са пре-тестом на седам захтева, 1c, 1d, 3a, 3c, 3d, 4 и 6a (табела 55). Процент тачних одговора на пост-тесту у експерименталној групи је већи на 14 од 17 захтева у поређењу с контролном групом, при чему је та разлика статистички значајна на четири захтева (1a, 3b, 3d и 6c). У светлу искуства које је експериментална група имала у водоводу, може се рећи да је оно највише утицало на боље разликовање примера елемената, једињења и смеша, идентификовање агрегатног стања вода у природи и разумевање процеса прераде воде.

4.3.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2

У табели 56 приказане су фреквенције одговора ученика о томе да ли воле да уче хемију, о заинтересованости за учење предмета у контексту индустријских производних процеса, о утицају посета на разумевање хемије, као и о релевантности знања стеченог током посете водоводу.

Табела 56. Одговори ученика о томе да ли воле да уче хемију, о доприносу и релевантности посета, $N=18$

Питање/одговор	ДА		НЕ	
	$N(18)$	% (100)	$N(18)$	% (100)
Да ли волиш да учиш хемију?	12	66,7	6	33,3
Да ли би те контекст индустријског производног процеса више заинтересовао за учење хемије?	16	88,8	2	11,2
Може ли се хемија боље разумети ако се током наставе организују посете сличне посети водоводу?	17	94,4	1	5,6
Сматраш ли релевантним знање стечено посетом водоводу за твој живот у друштву?	15	83,3	3	16,7

У табели 57 наведена су објашњења ученика зашто би били више заинтересовани за учење хемије у контексту посета.

Табела 57. Одговори ученика зашто су заинтересовани за учење у контексту посета, $N=18$

Одговори ученика	$N(18)$	% (100)
Настава изван учионице је занимљивија.	5	27,8
Учењем изван учионице доживљавамо стварне процесе у окружењу.	4	22,2
Лакше ћемо упамтити градиво.	3	16,6
Развијамо нове вештине и способности учења.	2	11,1
Може, зато што учимо истраживањем.	1	5,6
Више смо информисани о начинима технолошке прераде воде.	1	5,6
Без одговора.	2	11,1

Објашњења ученика експерименталне групе зашто сматрају да се хемија може боље разумети у контексту посета наведена су у табели 58.

Табела 58. Одговори ученика о бољем разумевању хемије у контекстима у оквиру посета, $N=18$

Одговори ученика	N (18)	% (100)
Биће занимљивије ако хемију учимо изван учионице.	4	22,2
Остварујемо различите активности.	3	16,6
Учествујемо у разговору са људима који су запослени у фабрикама.	3	16,6
На постављена питања добијамо одговоре уз демонстрацију на лицу места.	2	11,2
Упознајемо различита окружења за учење, која нам раније нису била очигледна.	2	11,2
Можемо учити о неким другим фабрикама.	1	5,6
Можемо да изводимо хемијске експерименте током посете.	1	5,6
Лакше ћемо упамтити градиво хемије уколико посматрамо хемијске процесе.	1	5,6
Не волим да путујем, имам друга интересовања.	1	5,6

У табели 59 наведена су објашњења ученика зашто је за њих релевантно знање стечено током посете.

Табела 59. Одговори ученика о релевантности знања стеченог током посете, $N=18$

Одговори ученика	N (18)	% (100)
Стичемо опште знање које је од користи за будућност.	5	27,8
Стичемо више опште културе.	4	22,3
Учимо да будемо друштвено одговорни.	3	16,6
Ближе упознајемо професије људи и њихове улоге у свакодневици.	2	11,1
Учимо значење нових термина чиме богатимо речник.	1	5,6
Без одговора	3	16,6

У табели 60 наведен је број и проценат ученика који су на петостепеној Ликертовој скали процене изразили ставове о учењу хемије у контексту водовода.

Табела 60. Ставови ученика о учењу хемије у контексту водовода, $N = 18$, (*1 – уопште се не слажем; 2 – претежно се не слажем; 3 – и слажем се и не слажем се; 4 – претежно се слажем; 5 – у потпуности се слажем).

Активност	1*		2*		3*		4*		5*	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Посета водоводу је била занимљива.	-	-	1	5,6	2	11,1	5	27,8	10	55,6
Активности које смо имали приликом посете водоводу су биле превише захтевне.	-	-	8	44,4	7	38,9	1	5,6	2	11,1
Приликом посете водоводу проширио/ла сам знања о води.	-	-	-	-	2	11,1	3	16,7	13	72,2
Приликом посете водоводу проширио/ла сам знања о преради воде.	-	-	-	-	2	11,1	2	11,1	14	77,8
У будућности би требало да буде више посета водоводу које би биле одржана на сличан начин.	-	-	2	11,1	-	-	6	33,3	10	55,6
Оваква посета повећава моју мотивацију за учење хемије.	-	-	-	-	2	11,1	4	22,2	12	66,7

У табели 61. приказани су одговори ученика о предностима и недостацима одржане посете.

Табела 61. Одговори ученика о предностима и недостацима одржане посете водоводу, $N=18$

Предности	$N(18)$	% (100)	Недостаци	$N(18)$	% (100)
Учимо на занимљив начин.	5	27,8	Нема недостатака.	9	50,0
Настава је практична.	4	22,2	Током посете водоводу су се осећали непријатни мириси.	4	22,2
Учимо нешто више, допуњавамо своје знање и изађемо из учионице.	4	22,2	Посета је била бучна.	3	16,7
Не користимо формуле и хемијска израчунавања.	3	16,7	Мање времена имамо за учење других предмета.	2	11,1
Упознајемо експерте који су запослени у водоводу – технологе, лабораторијске и санитарне техничаре са којима смо разговарали о питањима која су нас интересовала о преради воде и њеном квалитету.	2	11,1			

Ученици који су изјавили да воле да уче хемију, у објашњењу су навели да им је хемија занимљива наука (три ученика; 16,7 %), потврдили да им је то омиљен предмет (три ученика; 16,7 %), да је занимљивија од физике (један ученик; 5,6 %), да је наставник хемије добар предавач (два ученика; 11,1 %), да различитим методама рада мотивише за учење хемије (један ученик; 5,6 %) и да је учење хемије забавно када ученици изводе експерименте (један ученик; 5,6 %). Ови одговори ученика сагласни су и раније идентификованим факторима који утичу на омиљеност наставног предмета (Vaino *et al.*, 2012). Ученици који не воле да уче хемију у објашњењима су написали да су им тешке за разумевање хемијске формуле и једначине (четири ученика; 22,2 %) и да су садржаји хемије тешки и обимни (два ученика; 11,1 %). То је сагласно с резултатима претходних истраживања у нашем образовном систему (Šišović and Војовић, 1999; Adamov *et al.*, 2008).

Према најфреквентнијим одговорима на друго питање у упитнику, настава изван учионице је занимљивија ученицима и они сматрају да на тај начин доживљавају стварне процесе из окружења. Ова и остала објашњења ученика (табела 57) сагласна су с позитивним ефектима посета, утврђеним у другим истраживањима (Hofstein and Kesner, 2006).

Осим једног ученика, остали ученици експерименталне групе сматрају да се хемија може боље разумети у контексту посета, а њихова објашњења (табела 58) показују да они уочавају неке од битних карактеристика учења током индустријских посета (Hofstein and Kesner, 2006; Chowdhury, 2013).

За већину ученика посета је била значајна јер тако формирају општа знања која ће им бити потребна у будућности (сагласно с резултатима Holbrook, 2005; Stuckey *et al.*, 2013; Höper and Köller, 2018) и као део опште културе. Поједини ученици су препознали значај учења о друштвеној одговорности, сазнавања о професијама, као и богаћење речника новим терминима (табела 59).

Највећи број ученика у потпуности се слаже да су током посете проширили знања о води и преради воде. Две трећине ученика потпуно се слаже да је посета повећала њихову мотивацију за учење хемије, што је сагласно с резултатима других истраживања (Lantada, 2013; Itzek *et al.*, 2016). Нешто више од половине ученика потпуно се слаже да им је посета била занимљива и да би и у будућности требало да имају такав вид посета. У вези с проценом захтевности активности, већина ученика се претежно не слаже да су активности биле захтевне или нема дефинисан став.

Према најфреквентнијем одговору ученика предност учења хемије у контексту водовода је што је учење тако занимљивије. Следеће предности по учесталости ученичких

одговора односе се на учење изван учионице које омогућава учење новог, допуну знања и практичан рад. Један број ученика је као предност препознао изостанак симболичког језика хемије и израчунавања. Одговори ученика који су као предност истакли могућност да разговарају са професионалцима о питањима која су им интересантна сагласни су с препорукама неких аутора да се током посета позову експерти који ученицима могу да опишу своју професионалну делатност (Hofstein and Kesner, 2006). На тај начин контекст индустријских посета омогућава идентификовање почетних компетенција потребних за будућу професионалну оријентацију младих (González-Peña *et al.*, 2021). Половина ученика у узорку је навела да остварена посета нема недостатке. Међу наведеним недостацима наведени су непријатни мириси и бука, а неколико ученика је назначило да оваквим приступом не остаје довољно времена за учење других предмета.

4.4. Резултати квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи у контексту индустријске прераде воћа и производње воћног сока

4.4.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1

На тесту којим је изведено пре- и пост-тестирање максималано се могло постићи 26 поена. У табели 62 приказане су карактеристике дистрибуције резултата на пре- и пост-тесту: минималан (*Min*) и максималан (*Max*) број постигнутих поена, аритметичка средина (*Mean*), стандардна девијација (*SD*), *skewness* (скјунис) и *kurtosis* (куртозис) вредности. Вредности скјуниса и куртозиса су унутар прихватљивог опсега (± 1), те се може сматрати да су дистрибуције резултата на оба тестирања нормалне. Помоћу *t*-теста за зависне узорке испитана је статистичка значајност разлике аритметичких средина резултата на пре- и пост-тестирању (табела 62).

Вредност *t*-теста, $t(194) = 9,850$; $p < 0,001$, показује да је разлика између аритметичких средина на пре- и пост тестирању статистички значајна. Стога се може закључити да је примењени приступ допринео статистички значајно бољој примени знања у контекстима обухваћеним тест задацима који се односе на воће, прераду воћа и производњу воћних сокова.

Табела 62. Дескриптивна статистика и резултати *t*-теста за зависне узорке за резултате на пре- и пост-тесту (максималан број поена је 26), $N=195$

	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
Пре-тест	2	22	12,6	4,6	0,166	-0,877	9,850	194	< 0,001
Пост-тест	3	26	16,0	5,5	0,318	-0,979			

Табела 63 приказује карактеристике расподеле резултата на пре-и пост-тесту који се односе на функционизацију знања хемије и међусобно повезано знање из хемије, биологије и географије, укључујући: минималан (*Min*) и максималан (*Max*) број постигнутих поена, аритметичку средину (*Mean*), стандардну девијацију (*SD*), *skewness* (скјунис) и *kurtosis* (куртозис) вредности. Максималан број поена који су ученици могли да остваре на задацима који се односе на функционизацију знања из хемије (означено као А) био је 15, док је за међупредметно повезано знање (означено као Б) износио 11.

Табела 63. Дескриптивна статистика и резултати *t*-теста за зависне узорке за резултате на пре и пост-тесту који процењују функционализацију знања из хемије (ознака А) и међусобно повезано знање из хемије, биологије и географије (ознака Б), *N*=195

Врста	Тест	Min	Max	Mean	SD	Skewness	Kurtosis	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
А	Пре-тест	1	13	6,9	3,0	0,039	-1,148	7,760	194	< 0,001
	Пост-тест	0	15	8,8	3,9	0,194	-1,065			
Б	Пре-тест	1	10	5,7	2,4	-0,107	-1,215	9,854	194	< 0,001
	Пост-тест	2	11	7,2	2,2	-0,018	-0,834			

Почетне анализе применом *t*-теста за зависне узорке указале су на статистички значајне разлике између средњих вредности резултата на пре- и пост-тесту за оба дела теста. За функционализацију знања из хемије (А), средња вредност је порасла са 6,9 (*SD*=3,0) на пре-тесту, на 8,8 (*SD*=3,9) на пост-тесту ($t(194)=7,760$, $p<0,001$). Слично томе, за пре-тест међупредметног знања (Б), средња вредност је порасла са 5,7 (*SD*=2,4) на пре-тесту, на 7,2 (*SD*=2,2) на пост-тесту ($t(194)=9,854$, $p<0,001$). Међутим, тестови нормалности (Shapiro-Wilk и Kolmogorov-Smirnov) указали су на значајна одступања од нормалне расподеле дистрибуција резултата на оба дела (А и Б) пре- и пост-теста ($p<0,001$ за све), чиме су нарушене претпоставке неопходне за примену параметријских тестова.

Да би се то превазишло, примењен је непараметријски Wilcoxon тест рангова са предзнаком како би се проверила значајност промена у резултатима. Резултати Wilcoxon-теста потврдили су налазе *t*-теста, показујући значајна побољшања резултата након интервенције. За функционализацију знања из хемије, резултати су значајно порасли од пре- до пост-теста ($Z= -7,275$, $p<0,001$), при чему је 136 ученика побољшало своје резултате. Такође, резултати за тест међупредметног знања су значајно порасли ($Z= -8,383$, $p<0,001$), при чему је 142 ученика побољшало своје резултате. Овај доследни налаз из параметријских и непараметријских анализа пружа доказ да је интервенција довела до значајног унапређења функционализације знања из хемије и интеграције интердисциплинарног научног знања код ученика.

Поређење резултата пост-тест и пре-теста указује на потенцијал употребе Padlet-а с интерактивним активностима у области индустријске прераде воћа и производње воћних сокова (Прилог 10 и Прилог 11). Овај приступ значајно унапређује способност ученика да примене своја знања о хемијским концептима у овом специфичном контексту (део А). Процене након активности показале су значајно побољшање у различитим областима: ученици су показали већу вештину у разликовању и класификовању датих примера (у оквиру посматраног контекста) као елемената, једињења или смеша. Такође су показали већу успешност у препознавању физичких и хемијских промена састојака воћа и воћних сокова, као и у идентификовању производа хидролизе и улоге различитих адитива у производњи воћних сокова. Посебно је уочено унапређење у примени знања о методама раздвајања смеша на њихове компоненте на основу својстава састојака. Од посебног значаја је уочено побољшање након активности у повезивању информација са декларација воћних сокова са структурним формулама доминантних класа биолошки важних органских једињења присутних у соку. Овај налаз не само да потврђује ефикасност примењеног приступа, већ и наглашава његову важну улогу у превазилажењу јаза између симболичких хемијских приказа и реалних животних контекста, што представља изазов чак и за ученике виших разреда (Taber, 2009).

Резултати пост-теста, у поређењу са пре-тестом у делу Б, указују да су спроведене активности унапредиле способности ученика да примењују међусобно повезано знање из хемије, биологије и географије у контекстима везаним за индустрију воћних сокова. Ученици су показали боље расуђивање при процени исказа који се односе на индустријску праксу и својства компоненти воћа. Такође су демонстрирали дубље разумевање разлога примене пастеризације у производњи воћних сокова. Важан налаз у овом делу теста односи се на

побољшање способности ученика да правилно поређају кораке у преради воћа и производњи сокова на основу датих описа. Овај резултат указује на потенцијал примењеног приступа да унапреди повезивање знања из различитих предмета и његову примену у реалном контексту, односно функционализацију знања (Purwanto *et al.*, 2022).

4.4.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2

У табели 64 наведен је број и проценат ученика који су на на четворостепеној Ликертовој скали процене изразили ставове о учењу хемије у примењеном контексту.

Табела 64. Перцепција ученика о релевантности, интерактивности и ефикасности наставе засноване на Padlet-у у контексту индустријске производње воћних сокова, $N = 195$, *1-Не слажем се, 2-немам мишљење, 3-делимично се слажем, 4-слажем се

Исказ	1*		2*		3*		4*		M	SD
	N	%	N	%	N	%	N	%		
Хемијска индустрија је важна за будућност друштва у коме живим.	2	1,0	7	3,6	31	15,9	155	79,5	3,7	0,6
Требало би да се на часовима хемије у школи учи о темама које се односе на индустријску производњу материјала, хране и енергије.	1	0,5	13	6,7	43	22,0	138	70,8	3,6	0,6
Тема „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова” је занимљива.	2	1,0	17	8,7	36	18,5	140	71,8	3,6	1,0
Тема „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова” мотивисала ме је да критички пратим медијско извештавање о овој и сличним темама.	4	2,0	15	7,7	18	9,2	158	81,0	3,7	0,7
Занима ме економски аспект индустријске производње	11	5,6	43	22,0	35	18,0	106	54,4	3,2	1,0
Допада ми се учење садржаја хемије кроз повезивање са географијом.	11	5,6	18	9,2	23	11,8	143	73,3	3,5	0,9
Допада ми се учење садржаја хемије кроз повезивање са биологијом.	2	1,0	23	11,8	29	14,9	141	72,3	3,6	0,7
Допада ми се учење садржаја хемије кроз повезивање са историјом.	6	3,1	41	21,0	35	18,0	113	58,0	3,3	0,9
Материјал за учење теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова” је разумљив.	7	3,6	22	11,3	18	9,2	148	75,9	3,6	0,8
Материјал за учење теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова” обухвата занимљиве садржаје.	3	1,5	20	10,3	24	12,3	148	75,9	3,6	0,7
Разумео/ла сам захтеве које је требало решити у лекцији на тему „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних	3	1,5	20	10,3	19	9,7	153	78,5	3,6	0,7

сокова”.											
У материјалу су биле доступне потребне информације за одговарање на захтеве у оквиру лекције „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова”.	4	2,0	19	9,7	33	16,9	139	71,3	3,6	0,8	
Примена Padlet-а за учење хемије на часу чини учење занимљивијим и мање досадним.	-	-	25	12,8	29	14,9	141	72,3	3,6	0,7	
Допада ми се што су видео материјали садржали додатне активности.	2	1,0	22	11,3	26	13,3	145	74,4	3,6	0,7	
Важно ми је да док учим о новој теми добијам повратне информације о постигнућима.	0	0,0	20	10,3	25	12,8	150	76,9	3,7	0,7	
Повратне информације о постигнућима, уз наставни видео снимак су ми помогле да боље разумем приказане процесе.	3	1,5	21	10,8	19	9,7	152	78,0	3,6	0,7	
Волим да учим хемију помоћу Padlet апликације.	-	-	25	12,8	17	8,7	153	78,5	3,7	0,7	
ИТ апликације употребљене за учење садржаја теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова” помогле су ми у учењу.	-	-	18	9,2	27	13,8	150	76,9	3,7	0,6	
Укључени експерти у оквиру обраде теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова” допринели су да тему боље разумем.	-	-	16	8,2	34	17,4	145	74,4	3,7	0,6	
Укључени експерти у оквиру обраде теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова” помогли су ми да сагледам професионалне делатности у овој области индустријске производње.	1	0,5	26	13,3	21	10,8	147	75,4	3,6	0,7	
Сада критички гледам/слушам извештаје у медијима.	6	3,1	21	10,8	23	11,8	145	74,4	3,6	0,8	
План лекције ми је помогао да размислим о саставу воћних сокова које конзумирам.	5	2,6	23	11,8	19	9,7	148	75,9	3,6	0,8	
ЗА СВЕ ИСКАЗЕ									3,6	0,8	

Просечна вредност за све исказе у табели 64 ($M = 3,6$; $SD = 0,8$) указује на то да су ученици генерално изразили слагање са позитивним тврдњама о настави подржаној Padlet-ом и постављеној у контекст индустријске производње воћних сокова. Највећи степен слагања забележен је са исказом да је хемијска индустрија важна за будућност друштва ($M = 3,7$; $SD = 0,6$), при чему се скоро 80 % ученика у потпуности сложило. Слично томе, ученици су показали велико интересовање за тему *Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова*, наводећи да је садржај био разумљив, мотивишући и користан за критичко

сагледавање информација из медија. Позитивне перцепције уочене су и у вези са употребом Padlet-a и других дигиталних алата, за које су ученици сматрали да наставу чине занимљивијом и ефикаснијом. Више од 72 % ученика сложило се да употреба Padlet-a чини учење хемије интересантнијим и мање монотоним. Већина ученика навела је да су наставни материјали били јасни и разумљиви као и да су захтеви у настави били јасно постављени. Поред тога, више од 74 % ученика истакло је да је комуникација са експертима унапредила њихово разумевање индустријских производних процеса и сродних занимања. Нешто ниже, али и даље повољне оцене, забележене су за исказе који се односе на економске аспекте индустријске производње, као и на повезивање хемије са историјом.

У табели 65 наведени су садржаји које су ученици проценили као најважније што су научили у оквиру теме *Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова*.

Табела 65. Одговори ученика о најважнијим наученим садржајима у примењеном контексту, $N=195$

Одговори ученика	N	%
Производња воћног сока.	47	24,1
Прерада воћа.	43	22,0
Одрживи развој и заштита животне средине.	34	17,4
Садржаји о значају хемије.	20	10,2
Садржаји који се односе на здравље и безбедно управљање супстанцама.	19	9,7
Садржаји који се односе на професионалну оријентацију.	17	8,7
Индустријска и примењена хемија.	9	4,6
Без одговора	6	3,1

Према најфреквентнијим одговорима ученика (нешто више од петине узорка), најважније што су научили односи се на производњу воћног сока и прераду воћа. Следећи одговор према учесталости односи се на одрживи развој и заштиту животне средине. Око 10 % ученика и мање издвојило је као најважније научено у оквиру теме: значај хемије, брига о здрављу и безбедном управљању супстанцама, професионална оријентација и индустријска и примењена хемија. Препознавање доприноса контекста индустријске и примењене хемије професионалној оријентацији младих наведен је и од стране других аутора (Hofstein and Kesner, 2006; Hofstein and Kesner, 2015)

У табели 66 наведени су одговори ученика о садржајима који су им се посебно допали за учење у примењеном контексту.

Табела 66. Одговори ученика о садржајима који су им се посебно допали за учење у оквиру примењеног контекста, $N=195$

Одговори ученика	N	%
Наставни филмови и анимације о индустријским производним процесима уграђени у Padlet.	43	22,0
Дискусија о релевантним темама за појединца.	35	18,0
Дискусија о релевантним темама за друштво.	33	16,9
Могућност сарадње са експертима запосленим у прехрамбеној индустрији.	26	13,3
Употребљен Padlet.	25	12,8
Анализирање рекламних садржаја и дискусија о истинама и заблудама у рекламама воћних сокова доступних на тржишту.	16	8,2
Садржаји о производњи воћног сока у Републици Србији.	13	6,6
Без одговора	4	2,0

Наставни филмови и анимације о индустријским производним процесима у примењеном приступу највише су се допали нешто више од петине ученика (најфреквентнији одговор). Више од 10 % ученика издвојило је дискусију о релевантним темама за појединца и друштво, сарадњу са експертима запосленим у прехрамбеној

индустрији и коришћење Padlet-a. Мање од 10 % ученика издвојило је анализирање реклама воћних сокова и садржаје о њиховој производњи у Републици Србији.

Табела 67. Одговори ученика на питање о препорукама за унапређење примењеног приступа, $N=195$

Одговори ученика	<i>N</i>	%
Употребити више наставних филмова.	36	18,5
Упознати ученике са више професија у оквиру индустријске производње.	33	16,9
Унапредити наставне филмове са више интерактивних задатака.	31	15,9
Није потребно ништа променити, нити побољшати. Све ми се допало.	30	15,4
Увести занимљиве експерименте који се могу извести у кућним условима.	29	14,9
Укључити још занимљивости везаних за тему.	22	11,3
Без одговора.	14	7,2

Мање од 20 % ученика навело је препоруке за унапређење примењеног приступа, а најучесталије се односе на коришћење више наставних филмова. Поред тога, ученици би да више сазнају и о другим професионалним делатностима у оквиру индустријске производње, да имају више интерактивних задатака и експеримената повезаних са темом, изводљивих у кућним условима, као и више занимљивости. Интерактивни елементи интегрисани у наставне филмове, подстичу веће ангажовање ученика (Haagsman *et al.*, 2020), а мултимедијални материјал омогућава ученицима аутентични контекст који им је иначе теже доступан (Watters and Diezmann, 2007). Ово укључује и могућност упознавања ученика с професијама у оквиру индустријских производних процеса (Eilks and Hofstein, 2015).

У табели 68 приказани су одговори ученика о важности сегмента часа на коме су били укључени експерти: нутрициониста и прехранбени технолог.

Табела 68. Одговори ученика о важности сегмента часа на коме су били укључени експерти, $N=195$

Одговори ученика	<i>N</i>	%
Допало ми се зато што сам могао/могла да питам све о индустријској преради воћа и производњи воћног сока и што су ми експерти радо одговорили на питање.	58	29,7
На овај начин увидео/ла сам да су хемија и производи у животној свакодневици веома повезани.	52	26,7
Мислим да је овај сегмент важан за моју будућу професионалну оријентацију.	39	20,0
Научио/ла сам шта је тачно опис професије коју представљају експерти.	23	11,8
Научили су ме новим терминима у области индустријске хемије.	6	3,1
Без одговора.	17	8,7

Према најфреквентнијем одговору ученика (29,7 %) ученицима је био важан разговор са експертима јер су могли да постављају питања, а експерти су били спремни да на њих одговоре. То им је омогућило да сагледају повезаност хемије и производа које свакодневно користе. За петину ученика разговор са експертима је био важан због будуће професионалне оријентације и помоћи у идентификовању потребних компетенција за будуће професионално опредељење (Eilks and Hofstein, 2015; Stuckey *et al.*, 2013). Поједини ученици су истакли да су кроз разговор са експертима упознали значење нових термина из области индустријске хемије. Наведени одговори ученика сагласни су с позитивним ефектима комуникације ученика са експертима током индустријских посета, наведеним од стране других аутора (Hofstein and Kesner, 2006; Goldberg *et al.*, 2014)

У табели 69 наведене су препоруке ученика наставницима хемије у вези с учењем садржаја о хемијској индустрији.

Табела 69. Препоруке ученика наставницима хемије у вези са садржајем индустријске хемије, $N=195$

Одговори ученика	<i>N</i>	%
Учење индустријске хемије уз употребу наставних видео снимака и анимација ради веће мотивације за учење.	33	16,9
Учење индустријске хемије употребом Padlet-а са филмовима помаже да се хемија боље разуме.	29	14,9
Индустријска хемија је забавна.	24	12,3
Садржаји индустријске и примењене хемије нису довољно заступљени на часовима хемије.	22	11,3
Потребно је више учити хемију у контексту индустријске и примењене хемије.	21	10,8
Садржаји хемије у контексту индустријске хемије омогућавају критичко праћење информација из медија.	19	9,7
Padlet који смо користили на часовима помогао ми је у учењу индустријске хемије.	16	8,2
Учењем индустријске хемије у сарадњи са експертима она постаје занимљивија.	12	6,2
Контекст индустријске производње омогућава да јасније сагледамо њену повезаност са здравом животном средином.	10	5,1
Без одговора.	9	4,6

Ученици су у препорукама углавном издвајали садржаје и активности које су искусили у примењеном приступу: наставне филмове, Padlet, сарадњу са експертима. Такође, у препорукама су истицали да им садржаји о индустријској производњи могу бити занимљиви, да су недовољно заступљени на часовима, односно да би их требало више укључивати у наставу. Такође, сматрају да тако развијају способност за критичко праћење информација из медија и сагледавање повезаности индустријске производње са животном средином. Ови одговори ученика сагласни су с раније идентификованим факторима који утичу на однос ученика према наставном предмету (O'Dwyer and Childs, 2014; Hofstein and Kesner, 2006; Patil *et al.*, 2012).

4.5. Резултати квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи о производњи и пречишћавању воде

4.5.1. Резултати у вези с истраживачким питањем 1

У табели 70 приказане су карактеристике дистрибуције резултата у обе групе испитаника на пре- и пост-тесту: број испитаника (*N*), минималан (*Min*) и максималан (*Max*) број постигнутих поена на тесту (од могућих 10), аритметичка средина (*Mean*), стандардна девијација (*SD*), проценат тачних одговора (*p*), *skewness* (скјунис) и *kurtosis* (куртозис) вредности.

Табела 70. Карактеристике дистрибуције резултата на пре- и пост-тесту у обе групе испитаника (максималан број поена је 10), $N=267$

Група		<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>p</i>	<i>SD</i>	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>
Пре-тест	Контролна група	123	1	9	6,4	63,7	2,2	-0,601	-0,877
	Експериментална група	144	0	9	5,9	59,4	2,4	-0,353	-0,987
Пост-тест	Контролна група	123	2	10	6,8	68,0	2,1	-0,297	-0,906
	Експериментална група	144	1	10	7,6	75,8	2,3	-0,680	-0,381

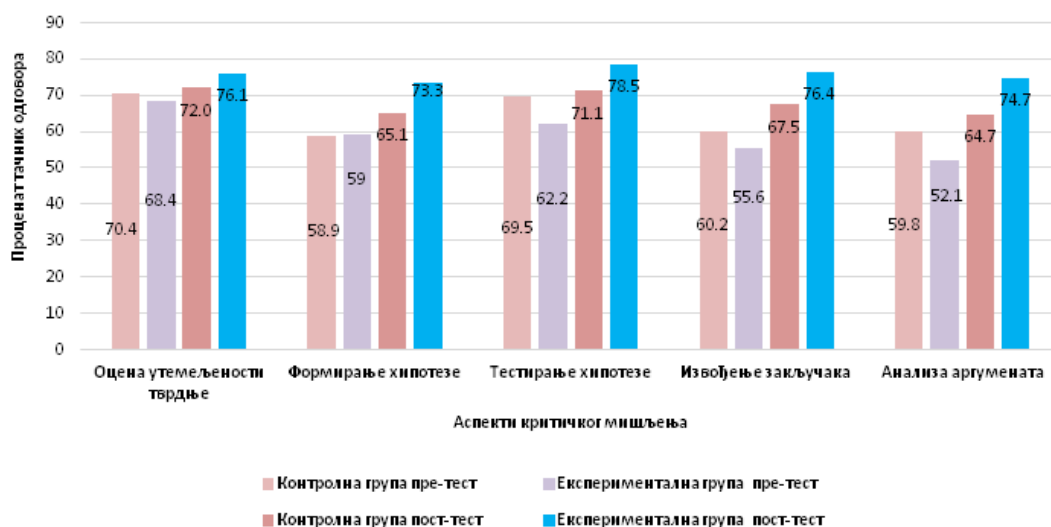
Вредности скјуниса и куртозиса (табела 70) налазе се унутар прихватљивог опсега (± 1), што указује да расподела резултата приближно одговара нормалности и оправдава употребу параметријских статистичких процедура.

Статистичка значајност разлике у постигнућима ученика контролне и експерименталне групе испитана је t -тестом за независне узорке (табела 71). Није нађена статистички значајна разлика између аритметичких средина постигнутих резултата у контролној ($M = 6,4$; $SD = 2,2$) и експерименталној групи ($M = 5,9$; $SD = 2,4$) на пре-тесту, што указује на упоредиво претходно знање и основне вештине критичког мишљења, $t(265) = 1,520$; $p > 0,005$. Налаз на пост-тесту показује статистички значајно већу аритметичку средину резултата у експерименталној групи ($M = 7,6$; $SD = 2,3$) у односу на аритметичку средину постигнутих резултата у контролној групи ($M = 6,8$; $SD = 2,1$), што указује на позитиван ефекат интервенције засноване на мултимедијалним садржајима $t(265) = 2,897$; $p < 0,001$.

Табела 71. Резултати t -теста за испитивање статистичке значајности разлике аритметичких средина независних узорака на пре- и post-test

	t-тест			
	t_{K-E}	Df	p	M
Пре-тест	1,520	265	0,130	0,436
Пост-тест	-2,897	265	0,004	-0,772

На слици 33. приказани су процентни тачних одговора ученика у контролној и експерименталној групи на пре- и пост-тесту у оквиру пет процењених аспеката критичког мишљења.



Слика 33. Процент тачних одговора у групама на пре- и пост-тесту у пет аспеката критичког мишљења

Ученици контролне групе на пре-тесту су остварили већи проценат тачних одговора у односу на ученике експерименталне групе за четири аспекта критичког мишљења (оцена утемељености тврдње, тестирање хипотезе, извођење закључака и анализа аргумената). Испитивање статистичке значајности разлике процената тачних одговора показало је да је разлика статистички значајна једино за аспект тестирање хипотезе и то у корист контролне групе ($t(265) = 2,108$; $p < 0,05$).

Ученици обе групе најуспешнији су били на задацима пре-теста који су се односили на оцену утемељености тврдње. С друге стране, ученици контролне групе најмање су били успешни на задацима који су се односили на формирање хипотезе, а ученици

експерименталне групе на задацима који су захтевали анализу аргумената. Претходна истраживања указују да су вештине критичког мишљења генерално на ниском нивоу, посебно у областима као што су анализа и процена садржаја хемије, (Utami *et al.*, 2017; Anjarwati and Nasrudin, 2022), што може бити последица примењене наставне праксе (Clark, 2024).

Обе групе ученика постигле су већи проценат тачних одговора на пост-тесту у односу на пре-тест у свих пет аспеката критичког мишљења. Међутим, степен побољшања се разликовао између група. Најмањи напредак је примењен у оцени утемељености тврдње, што се може приписати ефетку „засићења”, јер су ученици већ показали релативно високу компетенцију у овој области на пре-тесту. Експериментална група је показала веће постигнуће у односу на контролну групу чак и у овом аспекту (7,7 % наспрам 1,6 %), што сугерише да мултимедијални приступ такође може допринети даљем развоју ове вештине. Контролна група је највећи напредак направила у извођењу закључака, са повећањем процената тачних одговора од 7,3 % у односу на пре-тест, док је експериментална група показала највећи напредак у анализи аргумената са резултатима након пост-теста који су премашили резултат пре-теста за 22,6%.

Када се међусобно упореде групна постигнућа на пост-тесту, ученици експерименталне групе су постигли већи проценат тачних одговора у свих пет аспеката критичког мишљења у односу на контролну групу, а разлика је статистички значајна за извођење закључака, $t(265) = -2,055$; $p < 0,05$ и анализу аргумената, $t(265) = -3,010$; $p < 0,01$).

Контекст задатака 7 и 8 за процену извођења закључака као аспекта критичког мишљења односио се на утицај киселих киша на квалитет воде за пиће. У извођењу закључака контролна група унапредила је своје резултате за 7,3 % у односу на пре-тест, док је експериментална група постигла значајнији пораст од 20,8 %. То указује да је мултимедијални садржај на платформи више утицао на побољшање способности извођења закључака од истог садржаја посредованог у штампаној форми, допуњеног посматрањем анимација о процесима производње воде за пиће и ремедијације. Ово се може објаснити принципима мултимедијалног учења (Maier, 2024), који наводе да се учење може побољшати када се одговарајуће речи и слике приказују близу једна другој, а не одвојено (просторна близина), и када се приказују истовремено, а не сукцесивно (временска близина).

Посебно је значајно што су ученици експерименталне групе унапредили своја постигнућа у анализи аргумената, у чему су били најслабији на пре-тесту, а на пост-тесту су постигли за 22,6 % већи проценат тачних одговора него на пре-тесту, као и статистички значајну разлику у односу на контролну групу. Ово побољшање је мерено решавањем задатака 9 и 10 који су подстављали контекстуализовани социо-економски сценарио који се односио на сагоревање фосилних горива у постројењима фабрика за прераду, производњу и пречишћавање воде за пиће, и утицај производа сагоревања на квалитет ваздуха и животну средину. Резултати указују да је мултимедијални дизајн учења, посебно интерактивни задаци у таквим контекстима, допринео развоју овог аспекта критичког мишљења ученика у односу на штампани текст, чак и када је подржан додатним анимацијама.

Веће побољшање аналитичких вештина закључивања се може приписати дизајну мултимедијалног садржаја, који је користио интерактивност и визуелну структуру Genially платформе како би подстакао активно ангажовање у анализи ситуација, истраживању узрочно-последичних веза и процени доказа. Ово је у складу са Мајеровом когнитивном теоријом мултимедијалног учења (Maier, 2024), у којој се наводи да добро дизајнирана мултимедија промовише дубљу когнитивну обраду кроз активну интеграцију и кохерентну презентацију вербалних и визуелних информација, принцип оличен интерактивним задацима коришћеним у интервенцији.

Да би се испитало да ли се ефекти мултимедијалне наставе разликују међу подгрупама ученика, спроведене су стратификоване анализе на основу пола, претходних постигнућа из хемије и претходних дигиталних вештина. Напредак ученика је израчунат као

разлика између резултата пост- и пре-теста, а поређења су направљена између експерименталне и контролне групе унутар сваке подгрупе.

Када се анализира по полу, и дечаки и девојчице у експерименталној групи показали су значајно већи напредак у вештинама критичког мишљења него њихови вршњаци у контролној групи. Дечаци у експерименталној групи ($M=1,63$, $SD=1,52$, $N=65$) постигли су статистички значајно виши просечан резултат од дечака у контролној групи ($M=0,27$, $SD=0,94$, $N=60$), $t(123)=-5,9$, $p<0,001$. Слично томе, девојчице у експерименталној групи ($M=1,65$, $SD=1,53$, $N=79$) показале су значајно већи напредак од девојчица у контролној групи ($M=0,59$, $SD=1,36$, $N=63$), $t(140)=-4,30$, $p<0,001$. Ови резултати указују на то да је настава заснована на мултимедијалним садржајима била ефикасна и за дечаке и за девојчице.

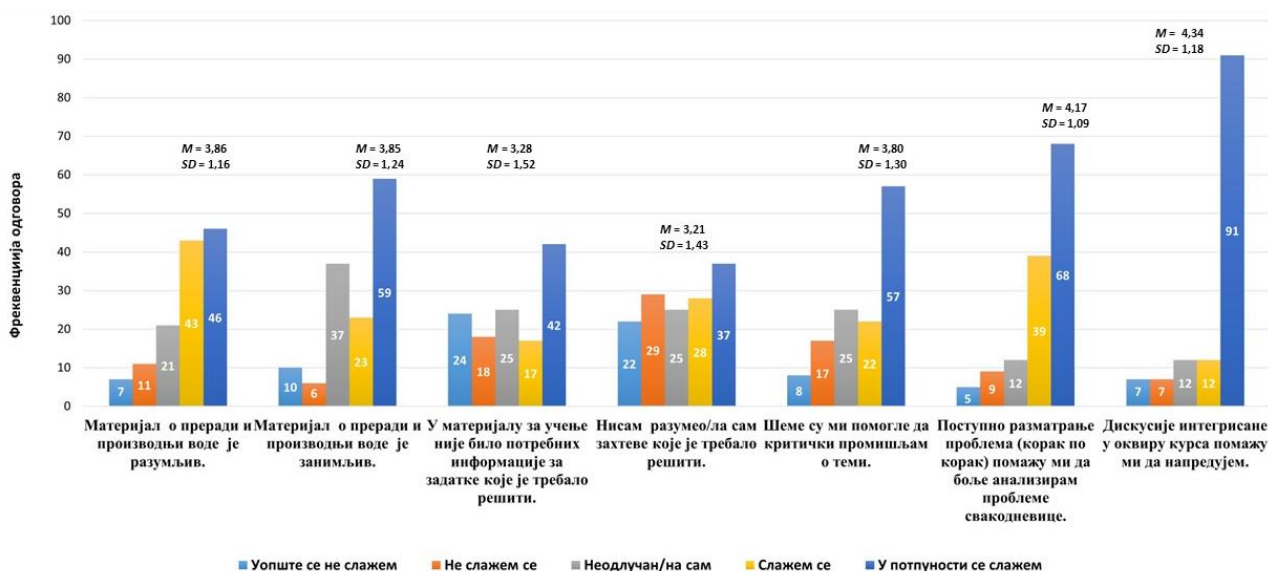
Претходни успех ученика у хемији класификован је према националној скали оцењивања као низак (оцена 1-2), средњи (оцена 3) или висок (оцена 4-5). Унутар групе са ниским успехом, ученици у експерименталној групи ($M=1,64$, $SD=1,45$, $N=52$) показали су већи просечан напредак од оних у контролној групи ($M=0,89$, $SD=1,62$, $N=36$); Међутим, иако је разлика блиска, она није достигла статистички значајну вредност, $t(86)=-1,97$, $p=0,052$.

Међу ученицима са средњим претходним успехом, експериментална група ($M=1,18$, $SD=1,09$, $N=28$) показала је значајно већи напредак у односу на контролну групу ($M=0,17$, $SD=0,92$, $N=24$), $t(50)=-3,59$, $p<0,01$. Највећи ефекат је утврђен међу ученицима са високим постигнућима, где је експериментална група ($M=1,92$, $SD=1,68$, $N=64$) значајно надмашила контролну групу ($M=0,27$, $SD=0,88$, $N=63$), $t(125)=-6,94$, $p<0,001$. Ови налази указују на то да је мултимедијална настава подржала напредак у учењу на свим нивоима постигнућа, са посебно јаким ефектима за ученике са средњим и високим претходним постигнућима.

Претходне дигиталне вештине ученика процењене су на основу њихових постигнућа у информатици и рачунарству и категорисане су као средње (оцена 3) или високе (оцена 4-5). Сви ученици у узорку спадали су у ове две категорије. Међу ученицима са средњим дигиталним вештинама, они у експерименталној групи ($M=1,63$, $SD=1,64$, $N=32$) показали су значајно већи напредак од својих вршњака у контролној групи ($M=0,11$, $SD=1,23$, $N=18$), $t(48)=-3,69$, $p<0,01$. Слично томе, међу ученицима са високим дигиталним вештинама, експериментална група ($M=1,64$, $SD=1,49$, $N=112$) показала је значајно већи напредак у односу на контролну групу ($M=0,49$, $SD=1,17$, $N=105$), $t(215)=-6,39$, $p<0,001$. Ови налази указују на то да је ефикасност мултимедијалне интервенције била евидентна на различитим нивоима претходних дигиталних вештина, са јачим ефектима примећеним код ученика са вишим дигиталним вештинама.

4.5.2. Резултати у вези с истраживачким питањем 2

Одговори ученика експерименталне групе на питања у упитнику пружају информације за друго истраживачко питање о томе како су они перципирали утицај мултимедијалног садржаја и рада на платформи Genially на развој критичког мишљења, о релевантности стеченог знања за реални живот и утицају на мотивацију за учење хемије. Фреквенције слагања ученика с изјавама о материјалу за учење које су исказали на петостепеној Ликертовој скали приказане су на слици 34.



Слика 34. Учесталост појединих ставова о материјалу

Перцепција разумљивости материјала је релативно висока, са просечном оценом $M = 3,86$, $SD = 1,16$. Већина ученика (69,5 %) оценила је материјал као разумљив (оцене 4 и 5). Сличан резултат је добијен и за занимљивост садржаја ($M = 3,85$, $SD = 1,24$), где је 60,7 % ученика дало високе оцене. Ови резултати су позитивни и указују на то да је материјал углавном прилагођен ученицима. Међутим, релативно висока стандардна девијација сугерише да постоје разлике у перцепцији разумљивости и занимљивости, што може указивати на потребу за додатном флексибилношћу у начину презентације садржаја.

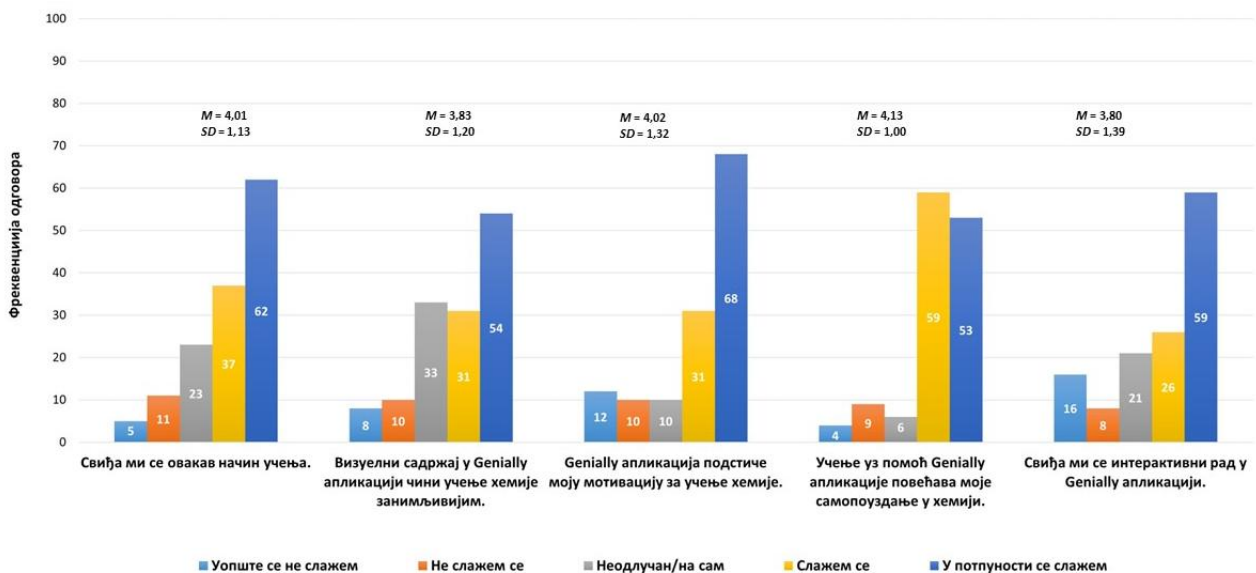
Иако су резултати за разумљивост углавном позитивни, 33,3 % ученика сматра да материјал није садржао све потребне информације за решавање задатака ($M = 3,28$, $SD = 1,52$). Такође, 26,2 % ученика је имало тешкоће у разумевању задатака ($M = 3,21$, $SD = 1,43$). Ови налази указују на могуће изазове у структури материјала и формулацији захтева, као и на потребу за додатним упутствима како би сви ученици могли ефикасно да га користе.

Резултати показују да су мапе помогле ученицима у развијању вештина критичког мишљења ($M = 3,80$, $SD = 1,30$), јер их је 61,3 % оценило високом оценом (4 и 5). Ти резултати указују да такви графички елементи могу допринети дубљем разумевању теме.

Перцепција користи од постепеног разматрања проблема (корак по корак) је виша од претходно коментарисаних аспеката ($M = 4,17$, $SD = 1,09$), са 80,4 % ученика који су дали високе оцене (4 и 5). То указује да је структуриран приступ у анализи проблема ефикасан за подстицање аналитичког мишљења.

Још значајнији налаз је да су дискусије у оквиру лекција оцењене као најкориснији елемент учења ($M = 4,34$, $SD = 1,18$), са чак 70,5 % испитаника који су дали највишу оцену (5). Овај резултат наглашава да је интерактиван приступ, који укључује дискусије, изузетно важан у процесу учења.

На слици 35 наведена је учесталост процена на петостепеној Ликертовој скали о апликацији за учење Genially.



Слика 35. Учесталост појединих ставова о апликацији за учење Genially

Резултати показују да ученици генерално имају позитиван став према начину учења који укључује визуелне и интерактивне елементе. Испитиване димензије обухватају општу прихваћеност приступа, улогу визуелног садржаја у занимљивости и мотивацији, као и утицај на самопоуздање и интерактивни рад.

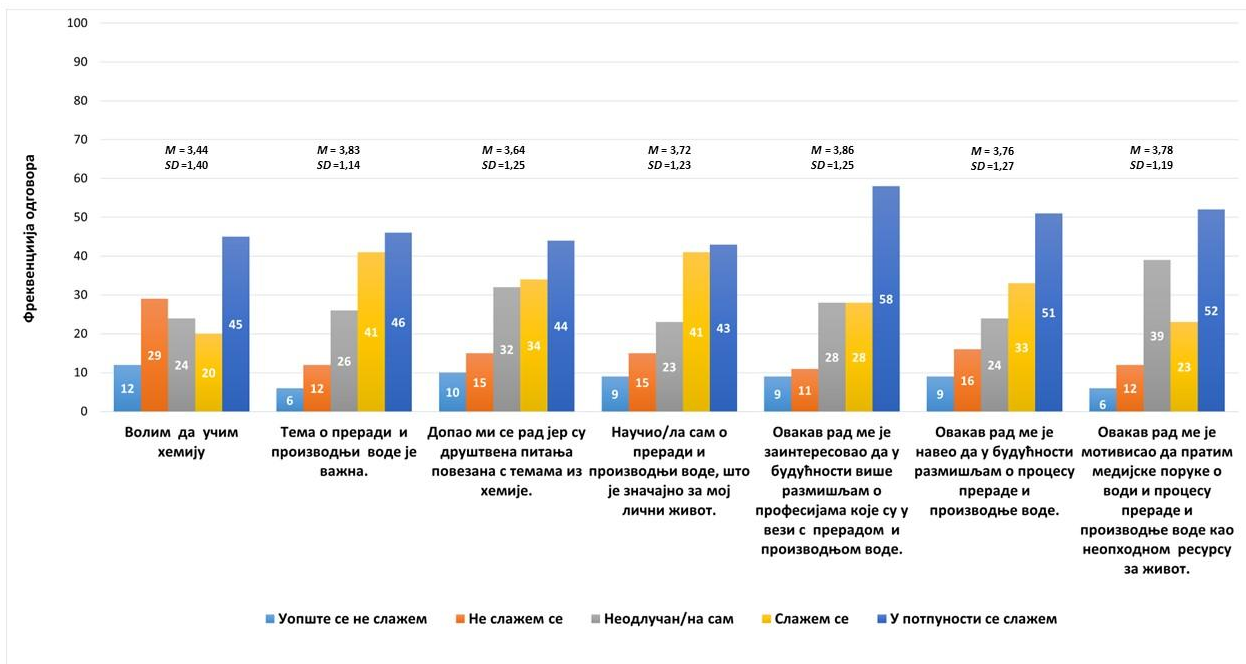
Већина ученика је изразила позитиван став о начину учења на платформи ($M = 4,01$, $SD = 1,13$). Високе оцене (4 и 5) дало је 71,7 % ученика, што указује на значајну подршку за овакав модел наставе. Иако већина ученика сматра корисним учење на платформи, постоји мањи део (око 11,6 %) који можда преферира традиционалније методе или има другачије стилове учења. То указује на потребу за комбиновањем различитих приступа како би се задовољиле индивидуалне потребе ученика.

Два анализирана аспекта визуелног садржаја односе се на занимљивост учења хемије кроз визуелни садржај ($M = 3,83$, $SD = 1,20$), са 62,5 % ученика који су у том погледу позитивно вредновали визуелни садржај, и мотивација за учење хемије кроз визуелни садржај ($M = 4,02$, $SD = 1,32$), са 75,6 % ученика који су у том смислу позитивно вредновали. Ови резултати потврђују да визуелни садржај није само средство за поједностављивање сложених концепата, већ и фактор који повећава ангажовање и мотивацију ученика.

Један од најзначајнијих резултата односи се на утицај визуелног садржаја на самопоуздање ученика у хемији ($M = 4,13$, $SD = 1,00$), где је 85,5 % ученика дало високе оцене (4 и 5). То сугерише да визуелна подршка није само средство за пренос информација, већ и важан фактор који омогућава ученицима да се осећају сигурније у разумевању предмета. Вероватно је да визуелни прикази помажу у разјашњавању апстрактних концепата, смањујући несигурност и повећавајући осећај контроле над градивом.

Иако је већина ученика подржала интерактивни рад ($M = 3,80$, $SD = 1,39$), резултати показују нешто већу расподелу ставова у односу на остале аспекте: 45,4 % ученика је дало највишу оцену (5), што је веома позитивно, али је 18,5 % дало ниске оцене (1 и 2), што је највиши проценат у поређењу са другим испитиваним аспектима. Подаци указују на то да, иако већина ученика преферира интерактивни приступ, за нешто мање од петине ученика можда такав начин рада није комфоран. То може бити последица индивидуалних разлика у стиливима учења, неуједначеног учешћа у групним активностима или перцепције ефикасности интерактивних елемената.

На слици 36 наведен је број ученика који су на петостепеној Ликертовој скали изразили ставове о релевантности знања за ученика, друштво и професију.



Слика 36. Учесталост појединих ставова о релевантности стеченог знања

Резултати указују на различите аспекте перцепције ученика о хемији, важности теме о преради и производњи воде, као и о утицају наставних активности на њихову мотивацију и интересовање за будуће учење и професионалну оријентацију.

Перцепција хемије као предмета има релативно умерен просек ($M = 3,44$, $SD = 1,40$), што указује на подељене ставове међу ученицима. Иако је 34,6 % дало високу оцену (5), значајан проценат ученика (31,5 %) има неутралан или негативан став. Ово сугерише да, иако одређени број ученика воли да учи хемију, многи можда нису довољно мотивисани или имају тешкоће у разумевању предмета. Ови резултати потврђују потребу за наставним приступима који хемију чине релевантнијом, практичнијом и повезаном са свакодневним животом.

Ученици су у великој мери препознали важност теме о преради и производњи воде, $M = 3,83$, $SD = 1,14$, при чему је 66,4 % њих дало оцене 4 или 5. Може се рећи да је тема перципирана као релевантна, што може бити последица шире друштвене свести о климатским променама, одрживом развоју и значају чисте воде као ресурса. Наставници би могли да искористе ову заинтересованост како би додатно продубили дискусије о еколошким аспектима хемије.

У великој мери позитивно је оцењен приступ који повезује хемију са друштвено релевантним темама ($M = 3,64$, $SD = 1,25$), при чему је 57,8 % ученика дало оцене 4 или 5. Резултат указује на то да је интердисциплинарни приступ ефикасан за повећање ангажованости ученика. Истраживања показују да контекстуализовано учење, у којем се научни концепти повезују са стварним проблемима, повећава мотивацију и разумевање.

Перцепција ученика о томе да су стекли корисно знање за свој лични живот је такође висока ($M = 3,72$, $SD = 1,23$), са 64,1 % високих оцена (4 и 5). То сугерише да је тема била представљена на начин који је омогућио ученицима да виде применљивост у свакодневном животу, што је кључан фактор за успешну наставу природних наука.

Око 61,2 % ученика је изјавило да их је овакав рад заинтересовао за професије повезане са разматраном темом ($M = 3,86$, $SD = 1,25$). То је посебно значајно јер указује на

то да наставне активности које укључују реалне проблеме и професионалне перспективе могу имати дугорочан утицај на професионалну оријентацију ученика.

Ученици су у великој мери изразили да их је рад подстакао да размишљају о преради воде ($M = 3,76$, $SD = 1,27$), при чему је 63,1 % дало оцене 4 или 5. То потврђује да наставне стратегије које се ослањају на решавање реалних проблема подстичу дубље промишљање и ангажовање.

Перцепција ученика о томе да су сада више мотивисани да прате медијске садржаје о преради воде ($M = 3,78$, $SD = 1,19$), при чему је 56,8 % дало високе оцене (4 и 5), сугерише да је примењени начин рада допринео ширем разумевању значаја воде као ресурса. То је важан показатељ да едукативни процеси могу имати шири друштвени утицај, јер подстичу критичко мишљење и интересовање за актуелне проблеме.

Одговори на отворено питање упитника додатно су истакли свест ученика о томе како учење хемије помоћу платформе Genially може боље подржати развој критичког мишљења. Ученици су предложили повећање броја интерактивних елемената (22,2 %), као што су симулације, видео записи, слике и шеме процеса; укључујући више задатака заснованих на студији случаја (19,4 %); поједностављење навигације унутар платформе (17,4 %); прилагођавање темпа учења (13,2 %); и побољшање функција приступачности, као што је прилагођавање величине фонта (9,0 %). Додатни предлози укључивали су пружање више могућности за самопроцену (6,3 %) и наглашавање поступног решавања проблема (4,9 %), док 7,6 % ученика није одговорило.

Ови одговори ученика указују на то да су ученици препознали и образовни потенцијал мултимедијалног садржаја посредованог путем Genially апликације (Прилог 12) за развој вештина критичког мишљења и потребу за даљим побољшањем. Њихови предлози указују на важност персонализованих, интерактивних и прилагодљивих окружења за учење која активно укључују ученике у размишљање, евалуацију и примену хемијског знања, исход који сам по себи одражава вежбање вештина критичког мишљења.

5. ЗАКЉУЧАК

У оквиру дисертације изведена су два дескриптивна истраживања и три квази-експериментална истраживања. Циљ дескриптивних истраживања био је испитивање виђења наставника хемије и ученика о индустријским производним процесима као контексту за учење и утицаја индустријских посета на мотивацију, разумевање и перцепцију значаја хемије у образовном и ширем друштвеном контексту. Циљ квази-експерименталних истраживања био је испитивање ефеката наставе и учења хемије у основној школи у контексту индустријских производних процеса, као и доприноса оваквог контекста сагледавању релевантности хемије за појединца, друштво и различите професионалне делатности код ученика узраста тринаест и четрнаест година.

У наставку овог поглавља најпре ће бити систематски изложени закључци сваког појединачног истраживања, при чему ће се посебна пажња посветити кључним налазима и њиховом значају у контексту постављених истраживачких питања. Након тога, биће представљени синтетички закључци изведени на основу интеграције резултата свих спроведених истраживања, с циљем уочавања ширих образаца, сличности и разлика међу добијеним налазима. У завршном делу биће разматране импликације добијених резултата за наставну праксу, уз нагласак на могућности њихове примене у реалним образовним контекстима, као и потенцијалне правце унапређивања наставног процеса. Поред тога, посебна пажња биће посвећена и ограничењима спроведених истраживања, како би се указало на факторе који су могли утицати на резултате, али и на правце будућих истраживања, која би могла допринети продубљивању и проширивању добијених сазнања.

5.1. Закључци дескриптивних истраживања

Полазећи од резултата дескриптивних истраживања, креирана су квази-експериментална истраживања, а истовремено су уочене и јасније смернице за наставну праксу у погледу употребе индустријских производних процеса као контекста за учење индустријске и примењене хемије.

5.1.1. Закључци дескриптивног истраживања реализованог са наставницима

На основу резултата истраживања спроведеног на узорку од 62 наставника хемије који раде у основној и/или средњој школи, дати су одговори на постављена истраживачка питања:

1. Каква је наставна пракса наставника у погледу услова рада, експерименталне наставе и повезивања градива са свакодневним животом?
2. Какави су ставови о примени садржаја индустријске хемије и примењене хемије у наставној пракси?
3. Какви су ставови наставника о хемији и настави изван учионице?

Резултати показују да наставници хемије немају солидно опремљене школске лабораторије или учионице у којима изводе наставу хемије, али да настоје да повезују наставу с свакодневним животом и изазовима данашњице. Такође, наставници хемије препознају потенцијал наставе изван учионице, посебно у контексту индустријских посета, за унапређивање разумевања хемијских концепата. Овај вид наставе повезују са развојем знања о употреби, производњи и безбедној примени супстанци, као и са разумевањем улоге хемије у свакодневном животу и професионалној оријентацији ученика. Ипак, ставови наставника су умерено позитивни тј. они се само делимично слажу да настава изван

учионице значајно доприноси мотивацији ученика, лакшем усвајању знања и развоју различитих компетенција. Такође, уочава се несразмера између препознатог значаја и стварне примене овог вида nastave.

Наставници хемије наводе да наставу изван учионице реализују релативно ретко, најчешће један до два пута током школске године. Приликом планирања, у већој мери истичу сарадњу са локалном заједницом, укључивање стручњака из различитих области и повезивање садржаја са савременим друштвеним проблемима. Међутим, припремне активности као што су израда радних материјала и систематско усмеравање ученичких запажања нису довољно заступљене. Као кључне факторе који утичу на организацију посета, наставници издвајају финансијска ограничења, недовољну институционалну подршку, захтевност планирања, организацију времена, безбедност ученика, али и многе логистичке и временске услове.

Наставници сматрају да садржаји индустријске и примењене хемије јесу важни, али су тешки за ученике, те да су недовољно заступљени у уџбеницима хемије. У наставној пракси, најчешће их укључују у оквиру тема из неорганске и органске хемије, биохемије, као и области хемије животне средине и зелене хемије. Посебан значај придају повезивању ових садржаја са односом науке, технологије и друштва. Најчешће одобраване теме су прерада воде, производи кућне хемије, производња неорганских киселина и рециклажа, док су савремене теме попут суперпроводника, фотоничних материјала и циркуларне економије, знатно мање заступљене. С друге стране, наставници истичу да би већу пажњу требало посветити садржајима из прехранбене хемије и лаке хемијске индустрије, који су ближи свакодневном искуству ученика.

5.1.2. Закључци дескриптивног истраживања реализованог са ученицима

На основу резултата истраживања спроведеног на узорку од 280 ученика седмог и осмог разреда из девет школа у Републици Србији, дати су одговори на постављена истраживачка питања:

1. Каква је афективна, когнитивна и утилитарна димензија ставова ученика према садржајима индустријске и примењене хемије у настави хемије?
2. Како индустријска посета и интеракција са експертима утиче на интересовање, мотивацију и разумевање садржаја из области индустријске и примењене хемије код ученика?
3. Колико су ученици свесни значаја индустријске и примењене хемије за образовање, друштво, унапређење квалитета и заштиту животне средине и професионалну оријентацију, као и које области хемијске индустрије сматрају најрелевантнијим?

Резултати истраживања показују да ученици седмог и осмог разреда генерално имају умерено позитиван општи став о индустријској и примењеној хемији као контекстима за учење хемије. У оквиру афективне димензије, ученици исказују интересовање за ове садржаје, у значајном проценту их доживљавају као занимљиве, али је општа наклоност према учењу хемије знатно умеренија. Когнитивна димензија је нешто мање изражена, али ученици јасно показују потребу за већом заступљеношћу ових садржаја у настави, што указује на препознавање исхода образовне вредности. Најизраженија је утилитарна димензија. Налаз у оквиру утилитарне димензије доприноси јаснијем знању које је неопходно за иницирање додатне корелације школског учења са стварним контекстима који укључују индустрију, екологију с одрживим развојем и здравствену компоненту, чиме се подстиче развој критичког мишљења и свест ученика о примени хемијског знања у

свакодневици (Hofstein *et al.*, 2004; Hofstein and Kesner, 2006; Chowdhury, 2013; Eilks and Hofstein, 2015; Sjöström *et al.*, 2024).

Индустријске посете и интеракција са експертима имају изразито позитиван утицај на ученике. Они у великој мери сматрају да овај вид наставе доприноси бољем разумевању хемијских концепата, јер омогућава повезивања теоријског знања са реалним индустријским процесима. Такође, уочен је пораст интересовања и мотивације за учење хемије, као и боље сналажење у решавању проблемских ситуација из свакодневице. Интеракција са експертима додатно доприноси мотивацији и омогућава ученицима да јасније сагледају могућности професионалне оријентације. На тај начин индустријске посете не само да подстичу афективну мотивацију, већ и олакшавају когнитивно разумевање садржаја и повезују школско учење са стварним животом (Sjöström *et al.*, 2024) и професионалним контекстима (Goldberg *et al.*, 2014). Стога, можемо да потврдимо, сагласно другим истраживањима да ове активности повезују значајан елемент наставе индустријске и примењене хемије доприносећи интеграцији теоријског знања и практичног искуства (Hofstein *et al.*, 2004; Mamlok-Naaman *et al.*, 2005; Eilks and Hofstein, 2015; Jung *et al.*, 2017; Hamper and Meisel, 2020; González-Peña *et al.*, 2021; Bütow and Eilks, 2023).

Ученици показују релативно висок ниво свести о значају индустријске и примењене хемије, пре свега у контексту безбедне употребе супстанци, примене у свакодневном животу и утицаја на животну средину и квалитет живота у целини. Међутим, њихово искуствено и концептуално знање о конкретним индустријским процесима је ограничено, што се огледа у тешкоћама при њиховом прецизном препознавању и навођењу. Као најрелевантније области ученици издвајају садржаје лаке индустрије и прехранбене индустрије, док су области тешке индустрије мање заступљене у њиховим одговорима. Ови налази указују на потребу за већим укључивањем аутентичних реалних контекста у наставу, како би се унапредило разумевање индустријских производних процеса и подстакло развијање функционалне хемијске писмености ученика.

5.2. Закључци квази-експерименталних истраживања

5.2.1. Закључци квази-експерименталног истраживања ефеката индустријске посете водоводу

У овом квази-експерименталном истраживању испитани су ефекти примене контекста водовода за обраду наставне јединице *Вода и њен значај за живи свет* у седмом разреду основне школе (узраст ученика 13-14 година). На основу резултата истраживања спроведеног на узорку од 36 ученика седмог разреда из две основне школе на територији Београда, дати су одговори на постављена истраживачка питања:

1. У којој мери контекст процеса прераде воде у водоводу унапређује разумевање курикуларних садржаја о смешама, поступцима за раздвајање састојака меша, растворима и води у поређењу с традиционалном наставом?
2. Како ученици процењују релевантност активности у контексту производног процеса, утицај тих активности на њихово разумевање хемијских појмова и мотивацију за учење хемије?

На основу статистички значајно већих укупних постигнућа ученика експерименталне групе на пост-тесту у односу на контролну групу може се одговорити на прво истраживачко питање да контекст процеса прераде воде у водоводу значајније унапређује разумевања хемијских појмова у поређењу с традиционалном наставом.

Одговори ученика на питања у упитнику указују да примењени контекст повећава њихову заинтересованост за учење хемије и да им је тако занимљивије да уче, да они желе сличне посете, да тако доживљавају стварне процесе из окружења, развијају нове вештине, способности и мотивацију за учење, што је сагласно са резултатима других истраживања у овој области (Schmuckler and Siegelman, 1961; Orion, 1993; Hmelo-Silver, 2004; DeWitt and Storksdieck, 2008; Nilson, 2010; Chowdhury, 2013; Eilks and Hofstein, 2015; Itzek *et al.*, 2016).

Ученици процењују да је индустријска посета водоводу за њих значајна јер тако формирају општа знања, потребна у будућности, уче о друштвеној одговорности и различитим професионалним делатностима, унапређују општу културу знањем о води и њеном значају за живи свет, поступцима прераде воде и богате речник новим терминима. То могу бити важни ослободитељи за доношење одлука у будућности у личном, професионалном и друштвеном животу и идентификовање потребних компетенција за професионалну оријентацију (Holbrook, 2005; Mamlok-Naaman *et al.*, 2005; Stuckey *et al.*, 2013; Giunta, 2014; Krischer *et al.*, 2016, Höper and Köller, 2018; González-Peña *et al.*, 2021).

5.2.2. Закључци квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи у контексту индустријске прераде воћа и производње воћног сока

Истраживање је изведено у оквиру теме *Биолошки важна органска једињења* према наставном програму хемије за осми разред основне школе. Одабран је контекст индустријске прераде воћа и производње воћног сока. На основу резултата истраживања спроведеног на узорку од 195 ученика осмог разреда из шест одељења из четири основне школе са различитих општина на територији града Београда, дати су одговори на постављена истраживачка питања:

1. Какви су ефекти примене Padlet-а са наставним материјалима и активностима осмишљеним у контексту индустријске производње воћних сокова на функционализацију знања хемије код четрнаестогодишњака и повезивање са знањем биологије, географије и историје?
2. Каква су мишљења ученика о ефектима примене Padlet-а са наставним материјалима и активностима осмишљеним у контексту индустријске производње воћних сокова на сагледавање релевантности хемије и мотивацију четрнаестогодишњака за учење хемије?

Резултати истраживања показали су да настава заснована на Padlet-у, контекстуализована у индустријској производњи воћних сокова, значајно побољшава функционално знање четрнаестогодишњих ученика о својствима и променама супстанци, као и о поступцима за раздвајање састојака смеша. Учење на мрежи засновано на контексту има потенцијал да унапреди академска постигнућа ученика. Веза између интервенције и учења заснованог на контексту огледа се у дизајну активности које спајају садржај наставног програма са конкретним индустријским процесом уз подршку мултимедијалних ресурса, интерактивних задатака и интервенције експерта.

Позитивна општа перцепција ученика према примењеном контексту у настави хемије у складу је са резултатима других истраживања (Hofstein and Kesner, 2006; Eilks and Hofstein, 2015; Mundy and Nokeri, 2024). Препознавање значаја индустрије за развој друштва које су ученици исказали у својим одговорима на упитнику, наглашава вредност повезивања наставе хемије са реалним индустријским контекстима и друштвеним изазовима (на пример, индустријска производња, одрживост) ради унапређења мотивације ученика и контекстуалног разумевања. Такође, већина ученика сматра да настава хемије треба да обухвати теме директно повезане са индустријском производњом материјала, хране и

енергије. То указује да ученици цене садржаје који повезују теоријску хемију са практичним индустријским применама, што вероватно доприноси дубљем когнитивном ангажовању и већој перципираној корисности градива.

Исказано интересовање ученика за тему *Прехрамбене индустрије: прерада воћа и производња воћних сокова*, као и број оних који су навели повећану мотивацију за критичко праћење медијских извештаја о сродним темама, указују на потенцијал индустријски оријентисаних тема као наставних контекста за развој критичког мишљења и медијске писмености, чиме се учење проширује изван учионице. Ови налази су у складу са савременим образовним парадигмама које подстичу критичко мишљење и јачање самопоуздања ученика у учењу природних наука.

Позитивно вредновано интердисциплинарно учење, посебно у вези са географијом и биологијом, сугерише да учење хемије у интердисциплинарном оквиру унапређује концептуално разумевање и перцепцију релевантности код ученика. Интеграција са историјом, иако позитивно оцењена, показала је нижи ниво слагања, што вероватно одражава слабије уочене когнитивне везе од стране ученика.

Јасноћа и разумљивост наставних материјала издвојене су као њихове значајне предности; већина ученика је сматрала да су материјали разумљиви и садржајно занимљиви. Ученици су такође навели да су захтеви у настави били јасно дефинисани што је олакшало њихово активно учешће. Овакви резултати наглашавају значај добро структурираних и транспарентних наставних ресурса у подршци учењу у дигиталном окружењу.

Механизми повратне информације уграђени у видео-материјале оцењени су као веома корисни за боље разумевање сложених индустријских процеса. Ови налази су у складу са претходним истраживањима која показују да интерактивни елементи у образовним видео-садржајима подстичу већи ангажман ученика (Haagsman *et al.*, 2020), док мултимедијални ресурси пружају аутентичне контексте који иначе нису лако доступни (Watters and Diezmann, 2007). У целини, резултати потврђују ефикасност комбинованих интерактивних алата за учење у подстицању активног учења и омогућавању правовременог формативног вредновања, што је у складу с раније наведеним истраживањима о дигиталним платформама за учење.

Позитивне перцепције ученика о комуникацији са експертима указују на то да аутентични професионални допринос може да унапреди разумевање индустријских процеса и повећа свест о могућим професионалним путевима. Такве интеракције доприносе аутентичности процеса учења и јачању професионалне релевантности наставе хемије (Eilks and Hofstein, 2015; Devrani, 2021; Ozturk, 2023).

5.2.3. Закључци квази-експерименталног истраживања ефеката учења на мрежи о производњи и пречишћавању воде

Истраживање је фокусирано на процесе производње и пречишћавања воде, уз анализу утицаја индустријских процеса на животну средину, у оквиру теме *Неметали, оксиди и киселине*, према наставном програму хемије у осмом разреду основне школе. Квази-експериментално истраживање са паралелним групама спроведено је са 267 ученика осмог разреда из 10 одељења три основне школе са различитих општина на територији града Београда (узраст 13 и 14 година). Дати су одговори на постављена истраживачка питања:

1. Који су ефекти учења садржаја о процесу производње и пречишћавања воде, посредованог путем штампаног текста и мултимедијално на дигиталној платформи за учење, на развој критичког мишљења четрнаестогодишњака?

2. Како ученици перципирају утицај мултимедијалног садржаја на развој критичког мишљења, релевантност стеченог знања за реални живот и мотивацију за учење хемије?

Ово истраживање пружа емпиријске доказе да је контекстуална мултимедијална настава, која се изводи путем Genially платформе, ефикаснија од наставе засноване на штампаном материјалу у развоју вештина критичког мишљења код четрнаестогодишњих ученика који уче о индустријској производњи и пречишћавању воде. Иако није примећена статистички значајна разлика у просечним резултатима пре-теста између контролне и експерименталне групе, резултати пост-теста показали су статистички значајно побољшање у експерименталној групи, посебно у извођењу закључака и анализи аргумената. Ови налази указују на то да интерактивни, нелинеарни дизајн мултимедијалног окружења за учење, са водећом навигацијом, дијаграмима тока и одлучивања и уграђеним друштвено-научним сценаријима, активно ангажују ученике у когнитивним процесима важним за критичко мишљење. Платформа Genially је олакшала дубље концептуално разумевање, омогућујући ученицима да визуализују сложене процесе, тестирају логичке низове и процењују доказе у оквиру аутентичних еколошких контекста, као што је процена утицаја киселих киша на квалитет воде. Ово је у складу са Мајеровом когнитивном теоријом мултимедијалног учења (Mayer, 2024) и наглашава вредност добро осмишљених дигиталних алата у трансформацији пасивног пријема садржаја у активно конструисање знања.

Ученичка запажања су додатно потврдила педагошку вредност овог приступа. Оценили су мултимедијални садржај као занимљив, релевантан за проблеме из стварног света и ефикасан у повећању њихове мотивације и самопоуздања у учењу хемије. Интерактивни елементи и структурирана, корак по корак анализа проблема су наглашени као подршка аналитичком размишљању. Стратификоване анализе су показале да је интервенција била ефикасна у различитим подгрупама ученика, са посебном снажним користима за оне са већим, претходним академским постигнућима и дигиталним вештинама. Ово указује на прилагодљивост мултимедијалних окружења за учење (Genially платформа), а истовремено наглашава улогу кључних компетенција у постизању најбољих могућих ефеката.

Дисертација је за циљ имала да утврди ефекте наставе и учења хемије у основној школи у контексту индустријских производних процеса и доприноса таквог контекста сагледавању релевантности хемије за појединца, друштво и у различитим професионалним делатностима код ученика узраста тринаест и четрнаест година.

Резултати дескриптивних истраживања показују да обе категорије испитаника, наставници и ученици препознају значај индустријских производних процеса као контекста за учење хемије, али њихова примена у наставној пракси је недовољна и ограничена различитим организационим и системским факторима попут организовања посета, финансијских ограничења, недовољне институционалне подршке, времена планирања организовања посете, безбедности ученика, логистичких и временских услова. Ученици исказују интересовање за овакве садржаје и препознају релевантност, иако је њихово искуствено и концептуално знање о конкретним индустријским производним процесима ограничено, што се огледа у тешкоћама при њиховом прецизном препознавању и навођењу.

Резултати квази-експерименталних истраживања показују да настава заснована на контексту индустријских производних процеса, како кроз непосредну посету водоводном постројењу, тако и кроз мултимедијална окружења за учење на мрежи (онлајн учење уз Padlet и Genially), доводи до бољег разумевања хемијских концепата, развоја критичког мишљења и функционалнијег знања у односу на традиционалну наставу. На тај начин, значајно се повећава и мотивација ученика, као и њихова способност повезивања школског знања са реалним животним и друштвеним контекстима.

На основу резултата дескриптивних и квази-експерименталних истраживања може се закључити да контекст индустријских производних процеса, укључујући индустријске посете и мултимедијалне платформе за учење, значајно доприноси бољем разумевању хемијских појмова, развијању критичког мишљења, повезивању знања са реалним животом. Овакав приступ повећава мотивацију ученика и њихову свест о релевантности хемије, али његова ефикасна примена зависи од адекватне подршке наставника, дигиталних компетенција и услова реализације у наставној пракси. Такође, у будућим истраживањима, потребно је испитати ефекте примене различитих индустријских и мултимедијалних контекста у настави хемије, узимајући у обзир циљеве учења, ниво предзнања ученика, њихова интересовања и развијеност дигиталних компетенција.

5.3. Импликације за наставну праксу

Резултати дескриптивних истраживања указују да ставови, перцепције и знање ученика према индустријској и примењеној хемији директно утичу на афективну мотивацију, когнитивно разумевање и перцепцију практичне релевантности. Наставна пракса треба да одговори на ову повезаност тако што ће систематски укључивати индустријске контексте и рад са експертима из индустрије, као и контекстуализовне примере који омогућавају ученицима да повежу теоријско знање с применом у свакодневном и професионалном животу. Такође, потребно је планирање програма професионалног развоја наставника хемије у оквиру којих ће јачати компетенције потребне за унапређивање функционалне хемијске писмености ученика у контекстима индустријске и примењене хемије.

Значај квази-експерименталних истраживања је и у томе што обухватају узраст ученика од тринаест и четрнаест година, критичан период када почињу да размишљају о будућој професионалној оријентацији, а до сада нису систематски испитивани ефекти индустријских посета на учење хемије код ове старосне групе. Добијени резултати пружају важне импликације за хемијско образовање у основној школи, које захтева нека нова решења како би се побољшала функционална научна и хемијска писменост младих, и они боље припремили за наставак образовања у средњој школи и повећала њихова мотивација за учење хемије. Наставници би требало да подрже интеграцију контекстуално богатих мултимедијалних ресурса као што су интерактивни видео снимци, дигиталне платформе попут Padlet-а и Genially-а, и стручни допринос како би подстакли интересовање ученика, промовисали активно ангажовање и ојачали интердисциплинарне везе између хемије и других дисциплина. Активности учења требало би да буду осмишљене тако да повежу теоријски садржај са аутентичним, реалним применама, омогућавајући ученицима да хемију доживе као корисну и значајну науку. Такви приступи могу побољшати функционалну научну и хемијску писменост, унапредити способност ученика да примењује знање у различитим дисциплинама и повећати њихову мотивацију за даље студирање у науци.

5.4. Ограничења истраживања

Ограничења дескриптивног истраживања са наставницима огледају се на првом месту у величини узорка и немогућност извођења генерализација, с обзиром на број испитаника.

Ограничења дескриптивног истраживања са ученицима огледају се у релативно малом и локализованом узроку, као и у ослањању на самоперципирано знање ученика, као и употреби једног инструмента процене. Високе корелације између афективне, когнитивне, утилитарне димензије и перцепције индустријске посете указују на могуће преклапање димензија, што може ограничити дискриминаторну валидност инструмента. Да би се добила свеобухватнија слика о ставовима и знању ученика будућа истраживања би требала да укључе више различитих инструмената за испитивање ставова ученика, дизајнираних за појединачне категорије у оквиру различитих димензија, као и метакогнитивне инструменте који омогућавају процену у којој мери ученици правилно перципирају своје знање у односу на стварно разумевање. На тај начин би јаз између перцепције и стварног знања био идентификован, а тродимензионаалне компоненте (афективна, когнитивна и утилитарна димензија) би биле боље повезане са конкретним компонентама, што би било корисно у планирању наставе и подстицају мотивације ученика. Такође, будућа истраживања могу укључити већи и разноврснији узорак школа и ученика различитих узрастних категорија, као и компаративна истраживања која би испитала утицај различитих наставних стратегија попут лабораторијских активности, пројектног учења и дигиталних ресурса. Додатно, корисно је испитати и дугорочне ефекте индустријских посета на мотивацију, избор будуће професије и развој критичког мишљења, као и на свест о одрживости и екологији.

Ограничења квази-експерименталног истраживања спроведеног непосредно у водоводу односе се на немогућност извођења генерализација због величине узорка. Број ученика у експерименталној групи био је ограничен дозвољеним бројем посетилаца водоводу и омогућавања сваком појединцу да прати процесе и учествује у активностима. Ипак, истраживање је пружило увид у могућности реализације таквог начина рада, идентификовање предности и недостатака ради планирања ефективнијих будућих посета.

Ограничења квази-експерименталног истраживања спроведеног на мрежи уз Padlet, указују да употреба технологије у наставном процесу и добијање података коришћењем различитих електронских уређаја може зависити од техничких услова и компетенција ученика за учење користећи одабране платформе и апликације, али и од компетенције наставника да дизајнира материјал који ће користити у наставном процесу. Поред тога, дизајн истраживања са једном групом има инхерентна ограничења укључујући одсуство контролне групе, што ограничава могућност извођења дефинитивних узрочних закључака. Потенцијални спољашњи фактори, као што је претходно излагање сродном садржају или други облици спољашњег утицаја, такође су могли допринети уоченим променама. Иако ови фактори ограничавају генерализацију налаза, дизајн студије је и даље омогућио откривање значајних добитака у учењу у аутентичном контексту учионице.

Ограничења квази-експерименталног истраживања спроведеног на мрежи уз Genially, указују на неколико ограничења. Прво, узорак ученика је искључиво из градских општина Београда, што ограничава географску и културну генерализацију налаза. Друго, иако је поузданост инструмента била задовољавајућа, будућа истраживања би имала користи од опсежније валидације, укључујући конвергентну валидност са утврђеним мерама критичког мишљења. Треће, дигиталне вештине су процењене путем академског постигнућа ученика у настави информатике и рачунарства. Директан претходни тест би пружио прецизнији увид у контролу ове варијабле. Четврто, пет часова (45 минута) интервенције у учиниоци обухватају само краткорочне ефекте, потребно је лонгитудинално истраживање како би се испитало задржавање вештина критичког мишљења током времена.

Коначно, квази-експерименталан дизајн иако привлачан, не може да контролише све спољашње факторе као што би се то постигло када би се експериментална и контролна група формирале случајним распоређивањем ученика у групе, а не укључивањем целих разреда. Будућа истраживања би требало да се позабаве овим ограничењима применом лонгитудиналних дизајна на више локација, укључивањем директних испитивања дигиталне писмености и когнитивног оптерећења, и коришћењем мешовитих метода за истраживање квалитативних искустава ученика који покрећу уочене квантитативне резултате. Такође, потребне су анализе различитих мултимедијалних функција (на пример, симулације и интерактивне студије случаја) како подржавају развој специфичних когнитивних вештина, истраживање принципа дизајна изведених из теорије когнитивног оптерећења ради оптимизације ангажовања и ефикасности учења, развој и евалуација адаптивних функција које персонализују темпо учења и навигацију како би се прилагодиле ширем спектару профила ученика и претходних компетенција.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Abuhassna, H., & Yahaya, N. (2018). Students' Utilization of Distance Learning through an Interventional Online Module Based on Moore Transactional Distance Theory. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), 3043-3052. <https://doi.org/10.29333/ejmste/91606>
2. Acut, D., & Antonio, R. (2023). Effectiveness of Science-Technology-Society (STS) approach on students' learning outcomes in science education: Evidence from a meta-analysis. *Journal of Technology and Science Education*, 13(3), 718-739. <https://doi.org/10.3926/jotse.2151>
3. Adamov, J., Segedinac, M., & Grandić, R. (2008). Analiza sposobnosti za učenje hemije kod učenika srednjih škola [Analysis of the secondary school students' ability to learn chemistry]. *Pedagoška stvarnost*, 53(9-10), 957-972.
4. Adams, A. E. M., Randall, S., & Traustadóttir, T. (2015). A Tale of Two Sections: An Experiment to Compare the Effectiveness of a Hybrid versus a Traditional Lecture Format in Introductory Microbiology. *CBE—Life Sciences Education*, 14(1), 1–8 <https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0118>
5. Aikenhead, G.S. (1994). What is STS teaching? In J. Solomon & G. Aikenhead (Ed.), *STS education: International perspectives on reform* (pp.47-59). New York: Teachers College Press,
6. Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
7. Al-Balushi, A. K. A., Thumiki, V. R. R., Nawaz, N., Jurcic, A., & Gajenderan, V. (2022). Role of organizational commitment in career growth and turnover intention in public sector of Oman. *PLoS ONE*, 17(5), e0265535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265535>
8. Aldağ, H. & Sezgin, M. E. (2003). Çok Ortamlı Öğrenmede İkili Kodlama KURamı ve Bilişsel Model. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(11),121-135.
9. Alexander, B. (2006). Web 2.0: A new wave of innovation for teaching and learning? *Educause Review*, 41, 32-44.
10. Algar, W. R., Elouazizi, N., Stewart, J. J., Maxwell, E. J., Tan, T., Zhang, Z., Stoodley, R., Núñez, J. R. R., Terpstra, A. S. & Wickenden, J. G. (2022). The Alchemy Project: a personalized, flexible, and scalable active learning platform to help foster Expert-Like thinking in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 99(9), 3104–3113. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00097>
11. Almahasees, Z., Mohsen, K., & Amin, M. O. (2021). Faculty's and students' perceptions of online learning during COVID-19. *Frontiers in Education*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.638470>
12. Ananda, L. R., Rahmawati Y. & Khairi F. (2023). Critical thinking skills of chemistry students by integrating design thinking with STEAM-PJBL, *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 352-367. <https://doi.org/10.3926/jotse.1938>
13. Anderson, D., & Lucas, K. (1997). The effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior to visitation. *Research in Science Education*, 27(4), 485-495. <https://doi.org/10.1007/BF02461476>
14. Anderson, D., & Zhang, Z. (2003). Teacher perceptions of field-trip planning and implementation. *Visitor Studies Today*, 6(3), 6-11.
15. Anderson, D., Kisiel, J., & Storksdieck, M. (2006). Understanding teachers perspectives on field trips: Discovering common ground in three countries. *Curator*, 49(3), 365-386. doi:10.1111/j.2151-6952.2006.tb00229.x

16. Anđelković, S., & Stanisavljević Petrović, Z. (2013). *Skola i neformalni obrazovni konteksti* [School and informal educational contexts] Beograd: Univerzitet u Beogradu, Geografski Fakultet.
17. Anjarwati, B. C., & H. Nasrudin. (2022). Implementation of Guided Inquiry Based on Contextual Approach to Improve Students Critical Thinking Skills on Reaction Rate Material. *Journal of Science Education Research*, 6 (1), 1–14. <https://doi.org/10.21831/jser.v6i1.47504>
18. Antić, S., & Pešikan, A. (2015). Naučna pismenost i socio-konstruktivistička perspektiva. *Psihološka istraživanja*, 18 (1), 99-119. <https://doi.org/10.5937/PsIstra1501099A>
19. Antić, S., Pešikan, A., & Ivić, I. (2015). Vaspitna funkcija nastave prirodnih nauka. *Nastava i vaspitanje*, 64 (4), 615-629. <http://dx.doi.org/10.5937/nasvas1504615A>
20. Astuti, T. N., K. H. Sugiyarto, & J. Ikhsan. (2019). Effect of 3D visualization on students' critical thinking skills and scientific attitude in chemistry. *International Journal of Instruction* 13 (1), 151–164. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13110a>
21. Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence, *The psychology of learning and motivation: II* (pp. 89–195). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
22. Ayres, P. L. (1993). Why goal-free problems can facilitate learning. *Contemporary Educational Psychology*, 18(3), 376–381. doi: 10.1006/ceps.1993.1027
23. Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 135–146). Cambridge University Press.
24. Azizah, P. N., & Lutfi, A. (2023). Development of a WordPress-Based Learning Website to Train Students' Visual Intelligence on Chemical Equilibrium Material. *Jurnal Paedagogy*, 10(3), 692-702. <https://doi.org/10.33394/jp.v10i3.7994>
25. Baber, H. (2020). Determinants of students' perceived learning outcome and satisfaction in online learning during the pandemic of COVID19. *Journal of Education and E-Learning Research*, 7(3), 285–292. <https://doi.org/10.20448/JOURNAL.509.2020.73.285.292>
26. Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. In G. A. Bower (Ed.), *Recent Advances in Learning and Motivation* (pp. 47-89). New York: Academic Press.
27. Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Ed.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28–61). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909.005>
28. Balasundram, N., & Karpudewan, M. (2021). Exploring the use of a writing-to-learn activity embedded with multiple modes using 'Popplet' on pre-university students' alternative conceptions on transition metals. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(2), 263–281. <https://doi.org/10.1039/d0rp00119h>
29. Bamberger, Y., & Tal, T. (2007). Learning in a personal context: Levels of choice in a free choice learning environment in science and natural history museums. *Science Education*, 91(1), 75–95. <https://doi.org/10.1002/sce.20174>
30. Banks, J.A. (1997). Multicultural Education: Characteristics and Goals. In: Banks, J.A. and, C.A.McGee Banks (Ed.), *Multicultural Education: Issues and Perspectives*, Allyn and Bacon, Boston.
31. Baran, M., & Sozbilir, M. (2018). An Application of Context- and Problem-Based Learning (C-PBL) into Teaching Thermodynamics. *Research in Science Education*, 48(4), 663–689. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9583-1>

32. Barker, V. and Millar, R. (1999). Students' reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 21(6), 645-665
33. Baucal, A. & Pavlović Babić, D. (2010). Nauči me da mislim, nauči me da učim, PISA 2009 u Srbiji: prvi rezultati. Beograd: Institut za psihologiju Filozofskog fakulteta u Beogradu. Centar za primenjenu psihologiju.
34. Baudains, C., Metters, E., Easton, G., & Booton, P. (2013). What educational resources are medical students using for personal study during primary care attachments? *Education for Primary Care*, 24(5), 340-345. <https://doi.org/10.1080/14739879.2013.11494198>
35. Baumert, J. (1997). Scientific literacy: A German perspective. In W.Graeber and C. Bolte (Ed.), *Scientific literacy*. An international symposium (pp. 167-180). Institut für die Pädagogik der Naturwis-senschaften (IPN): Kiel, Germany.
36. Baydere, F. K. (2021). Effects of a context-based approach with prediction–observation–explanation on conceptual understanding of the states of matter, heat and temperature. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(3), 640–652. <https://doi.org/10.1039/d0rp00348d>
37. Beames, S., Higgins, P., & Nicol, R. (2012). *Learning Outside the Classroom: Theory and Guidelines for Practice* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203816011>
38. Bejjar, M. A., & Boujelbene, Y. (2014). E-Learning and Web 2.0. In *Advances in higher education and professional development book series* (pp. 1–21). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4876-0.ch001>
39. Bell, R. L., & 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. <https://doi.org/10.1002/sce.10063>
40. Benedict, L., & Pence, H. E. (2012). Teaching Chemistry Using Student-Created Videos and Photo Blogs Accessed with Smartphones and Two-Dimensional Barcodes, *Journal of Chemical Education*, 89 (4), 492-496. <https://doi.org/10.1021/ed2005399>
41. Bennett, R. E. (2018). Educational assessment: What to watch in a rapidly changing world. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 37(4), 7–15. <https://doi.org/10.1111/emip.12231>
42. Bennett, J., & Holman, J. (2003). Context-Based Approaches to the Teaching of Chemistry: What are They and What Are Their Effects? In J. Gilbert (Ed.), *Chemical education :Towards research-based practice* (pp. 165-184). Kluwer. https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X_8
43. Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effects of contextbased and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370. <https://doi.org/10.1002/sce.20186>
44. Ben-Zvi, R., Silberstein, Y., & Eylon, B. S. (1988). Theories, principles and laws. *Education in chemistry*, 25(3), 89-92.
45. Ben-Zvi, R. (1999). Non-science oriented students and the second law of thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 21(12), 1251-1267.
46. Berghel, H. & D. Blank. (1999). The World Wide Web, In M. Zelkowitz (Ed.), *Advances in Computing* (pp. 178-218). Academic Press.
47. Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. Washington DC: International Society for Technology in Education.
48. Bingle, W. H., & Gaskell, P. J. (1994). Scientific literacy for decisionmaking and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, 78(2), 185–201. <https://doi.org/10.1002/sce.3730780206>
49. Bernard, P., Broś, P., & Migdał-Mikuli, A. (2017). Influence of blended learning on outcomes of students attending a general chemistry course: summary of a five-year-long

- study. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 682–690. <https://doi.org/10.1039/c7rp00040e>
50. Bingle, W. H., & Gaskell, P. J. (1994). Scientific literacy for decisionmaking and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, 78(2), 185–201. <https://doi.org/10.1002/sci.3730780206>
 51. Boateng, S., & Nyamekye, M. (2022). Learning Sciences with Technology: The Use of Padlet Pedagogical Tool to Improve High School Learners' Attainment in Integrated Sciences. *International Journal of Learning Teaching and Educational Research*, 21(5), 239–262. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.5.13>
 52. Boesdorfer, S. B. (2019). Growing Teachers and Improving Chemistry Learning: How Best Practices in Chemistry Teacher Education Can Enhance Chemistry Education. In S. B. Boesdorfer (Ed.), *Best Practices in Chemistry Teacher Education* (pp. 1–6). ACS Symposium Series, American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1335.ch001>
 53. Bognar, B., Sablić, M., & Škugor, A. (2019). Flipped Learning and Online Discussion in Higher Education Teaching. In L. Daniela (Ed.), *Didactics of Smart Pedagogy* (pp. 371–392). Cham: Springer.
 54. Bonifácio, V. D. B. (2012). QR-Coded Audio Periodic Table of the Elements: a Mobile-Learning Tool. *Journal of Chemical Education*, 89(4), 552–554. <https://doi.org/10.1021/ed200541e>
 55. Boud, D. & Molloy, E. (2013). Rethinking models of feedback for learning: the challenge of design, *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 38(6), 698-712. DOI: 10.1080/02602938.2012.691462
 56. Bredley, J. (2005). chemsrry educatioin for development. Chemical educationi internacional, 7. Retrived form: <https://old.iupac.org/publications/cei/vol6/index.html> (14/4/2026)
 57. Brame, C.J. (2015). Effective educational videos. Retrieved from <http://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/effective-educational-videos/>. (13/4/2026)
 58. Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a More Authentic Science Curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373–1388. <https://doi.org/10.1080/09500690500498419>
 59. Bravo, R., Ugartemendia, L., Cubero, J., Uguz, C., & Rodríguez, A. B. (2018). Collaborative active learning: bioimpedance and anthropometry in higher education. *Advances in physiology education*, 42(4), 605–609. <https://doi.org/10.1152/advan.00106.2017>
 60. Broman, K. & Parchmann, I. (2014). Students' application of chemical concepts when solving chemistry problems in different contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 516–529.
 61. Broman, K., & Simon, S. (2015). Upper Secondary School Students' Choice and Their Ideas on How to Improve Chemistry Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(6), 1255–1278. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9550-0>
 62. Bruce, D. L., & Chiu, M. M. (2015). Composing with new technology. *Journal of Teacher Education*, 66(3), 272–287. <https://doi.org/10.1177/0022487115574291>
 63. Brunton, M., & Coll, R. K. (2005). Enhancing technology education by forming links with industry: A New Zealand case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(1), 141–166. <http://doi.org/10.1007/s10763-004-1516-1>
 64. Bulte, A., Westbroek, H., de Jong, O. & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices and contexts, *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063-1086
 65. Bütow, J., & Eilks, I. (2023). Learning about the concept of critical raw materials in chemistry teaching by a digital learning environment. *CHEMKON*, 31(2), 54–59. <https://doi.org/10.1002/ckon.202200054>

66. Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
67. Bybee, R., McCrae, B., & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(8), 865-883.
68. Caballes, D. G., & Belen, J. L. (2020). Contextualization of activities in selected topics in molecular biology. *CiiT International Journal of Biometrics and Bioinformatics*, 12(1),6-10.
69. Cahyarini, A., Rahayu, S., & Yahmin, Y. (2016). The effect of 5e learning cycle instructional model using socioscientific issues (SSI) learning context on students' critical thinking. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 222-229. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.7683>
70. Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J., & Waddington, D. (1994). Science: The Salters approach-A case study of the process of large scale curriculum development, *Science Education*, 78(5), 415-447.
71. Cárdenas Zea, M. P., Carranza Quimi, W. D., Plua Panta, K. A., Solís García, M., & Morales Torres, M. (2021). La educación virtual en tiempos del COVID-19: Una experiencia en la maestría de Educación. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 243-251. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2094>
72. Carr J. M. & Carr J. M.(2016). What can students learn about lab safety from Mr Bean? *Journal of College Science Teaching*, 45(6), 32-35
73. Carroll, K. (2007). *A guide to great field trips*. Chicago Review Press.
74. Casanova, R. S., Civelli, J. L., Kimbrough, D. R., Heath, B. P., & Reeves, J. (2006). Distance learning: a viable alternative to the conventional Lecture-Lab format in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83(3), 501. <https://doi.org/10.1021/ed083p501>
75. Casey, D.M. (2008). A Journey to Legitimacy: The Historical Development of Distance Education through Technology. *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, 52(2), 45-51.
76. Caspi, A., Gorsky, P., & Privman, M. (2005). Viewing comprehension: Students' learning preferences and strategies when studying from video. *Instructional Science*, 33(1), 31-47.
77. Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of the instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.
78. Chee, Y.S., & Tan, K.C. (2012). Becoming Chemists through Game-Based Inquiry Learning: The Case of "Legends of Alkhimia". *Electronic Journal of e-Learning*, 10(2), 185-198.
79. Childs, P. E., & Sheehan, M. (2009). What's difficult about chemistry? An Irish perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(3), 204-218.
80. Chitanana, L. (2020). The role of Web 2.0 in collaborative design: an ANT perspective. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(5), 965-980. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09578-x>
81. Chittleborough, G. (2014). The development of theoretical frame works for understanding the learning of chemistry. U I. Devetak i S. A. Glažar (editori), *Learning with understanding in the Chemistry classroom*. Dordrech: Springer, 25-40.
82. Chouhan, R. (2021). Effective interactive video assignments and rewatch analytics for online flipped classrooms. 2021 IEEE 1st International Conference on Advanced Learning Technologies on Education & Research (ICALTER), Lima, Peru, (pp.1-4). <https://doi.org/10.1109/ICALTER54105.2021.9675132>
83. Chowdhury, M.A. (2013). Incorporating a Soap Industry Case Study to Motivate and Engage Students in the Chemistry of Daily Life. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 866-872. <https://doi.org/10.1021/ed300072e>

84. Christensson, C., & Sjöström, J. (2014). Chemistry in context: analysis of thematic chemistry videos available online. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 59–69. <https://doi.org/10.1039/c3rp00102d>
85. Çiğdemoğlu, C., & 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. <https://doi.org/10.1039/c5rp00007f>
86. Clark, R.C., Nguyen, F. and Sweller, J.(2011). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. John Wiley & Sons.
87. Clark H. F., (2024), Critical climate awareness as a science education outcome, *Science Educaton*, 108(6), 1670–1697. <https://doi.org/10.1002/sce.21896>
88. Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183–198. <https://doi.org/10.1080/0950069042000276712>
89. Conrad, D. (2005). Building and Maintaining Community in Cohort-Based Online Learning. *The Journal of Distance Education / Revue de l'ducation Distance*, 20(1), 1-20.
90. Cooper, J. R. (1998). A multidimensional approach to the adoption of innovation. *Management Decision*, 36(8), 493–502. <https://doi.org/10.1108/00251749810232565>
91. Cooper, D., & Higgins, S. (2015). The effectiveness of online instructional videos in the acquisition and demonstration of cognitive, affective and psychomotor rehabilitation skills. *British Journal of Educational Technology*, 46(4), 768-779. <https://doi.org/10.1111/bjet.12166>
92. Cooper, G., & Sweller, J. (1987). Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79, 347–362. doi: 10.1037/0022-0663.79.4.347
93. Cooper, G., Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2001). Learning by imagining. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 7, 68–82. doi: 10.1037//1076-898X.7.1.68
94. Cornbleth, C. (1988). Curriculum in and out of Context. *Journal of curriculum and supervision*, 3, 85-96.
95. Cowden, C. D., & M. F. Santiago. (2015). Interdisciplinary explorations: Promoting critical thinking via problem-based learning in an advanced biochemistry class. *Journal of Chemical Education*, 93 (3), 464–469. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00378>
96. Craig, S. D., Gholson, B., & Driscoll, D. M. (2002). Animated pedagogical agents in multimedia educational environments: Effects of agent properties, picture features, and redundancy. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 428-433. doi: 10.1037/0022-0663.94.2.428
97. Crawford-Ferre, H. G., & Wiest, L. R. (2012). Effective online instruction in higher education. *The Quarterly Review of Distance Education*, 13(1), 11-14.
98. da Silva Junior, N., de Andrade Uchoa, D. E., Lima, M. A., Monteiro, A. J., Leite Junior, A. J. M., Winum, J., & Basso, A. (2021). Addition to “Stereochemistry Game: Creating and playing a fun board game to engage students in reviewing Stereochemistry Concepts-The Online version”. *Journal of Chemical Education*, 98(9), 3055-3057.
99. da Silva Junior, N., Leite Junior, A. J. M., Alexandre, M. C., Alexandre, F. S. O., da Silva, L. L., & Winum, J. (2023). CR322: A Web-Based board game for aiding students in reviewing chemical reactivity. *Journal of Chemical Education*, 100(12), 4866–4871. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00758>
100. Dakhi, O., Jama, J., & Irfan, D. (2020). Blended learning: a 21st-century learning model at college. *International Journal Of Multi-Science*, 1(08), 50–65. <https://multisciencejournal.com/index.php/ijm/article/view/92>
101. Danczak, S. M., C. D. Thompson, & T. L. Overton. (2019). Development and validation of an instrument to measure undergraduate chemistry students' critical thinking skills.

- Chemistry Education Research and Practice* 21 (1), 62–78.
<https://doi.org/10.1039/c8rp00130h>
102. Davidowitz, B., & Chittleborough, G. (2009). Linking the macroscopic and submicroscopic levels: diagrams. In J. K. Gilbert, & D. Treagust (Ed.), *Multiple representations in chemical education*, (pp. 169–191). Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_9
 103. Davis, B. & Sumara, D. (2002). Constructivist discourses and the field of education: Problems and possibilities. *Educational Theory*, 52(4), 409-428.
 104. De Jong, T. (2009). Cognitive Load Theory, Educational Research, and Instructional Design: Some Food for Thought. *Instructional Science*, 38, 105-134. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>
 105. De Jong, O.D., Talanquer, V. (2015). Why is it Relevant to Learn the Big Ideas in Chemistry at school? In: Eilks, I., Hofstein, A. (Ed.), *Relevant Chemistry Education*. SensePublishers, Rotterdam. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5_2
 106. DeBoer, G. E. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 582-601.
 107. Delors, J. (1998). *Learning: The Treasure within*. Paris: UNESCO.
 108. Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., & Çalik, M. (2009). Investigating the effectiveness of storylines embedded within a context-based approach: the case for the Periodic Table. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(3), 241. <https://doi.org/10.1039/b914505m>
 109. Deris, F., & Shukor, N. (2019). Vocabulary learning through mobile apps: A phenomenological inquiry of student acceptance and desired apps features. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 13(7), 129-140. <https://doi.org/10.3991/ijim.v13i07.10845>
 110. Devrani A. E. P. (2021). Gençler İçin 21. Yüzyıl Becerileri ve Dijitalleşen Dünyanın Gereklilikleri: Yeni Okuryazarlıklar, *Gençlik Araştırmaları Dergisi*, 9(24), 5–24. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1626539>
 111. DeWitt, J., & Storksdieck, M. (2008). A Short Review of School Field Trips: Key Findings from the Past and Implications for the Future. *Visitor Studies*, 11(2), 181–197. <https://doi.org/10.1080/10645570802355562>
 112. Dhawan, S. (2020). Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis. *Journal of Educational Technology Systems*, 49 (1), 5-22. <https://doi.org/10.1177/0047239520934018>
 113. Diniaty, A. (2021). Development of chemistry learning videos in the industries. *IJCER (International Journal of Chemistry Education Research)*, 5(1), 22–25. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol5.iss1.art3>
 114. Dittmar, J., & Eilks, I. (2022). Cooperative Learning With and About Internet Forums: A Case Study on a Unit on the Consumption and Chemistry of Mineral Water vs. Tap Water. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.742497>
 115. Dori, Y. J., Avargil, S., Kohen, Z., & Saar, L. (2018). Context-based learning and metacognitive prompts for enhancing scientific text comprehension. *International Journal of Science Education*, 40(10), 1198–1220. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470351>
 116. Draghici, C., & Njardarson, J. T. (2012). Chemistry by Design: a Web-Based educational flashcard for exploring synthetic organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(8), 1080–1082. <https://doi.org/10.1021/ed2006423>
 117. Eichinger, J. (1997). Successful Students' Perceptions of Secondary School Science. *School Science and Mathematics*, 97(3), 122-131. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1997.tb17355.x>
 118. Eilks, I., & Hofstein, A. (2015). From Some Historical Reflection on the Issue Relevance of Chemistry Education Towards a Model and an Advance Organizer. In I.Eilks, & A.Hofstein

- (Ed.), *Relevant Chemistry Education from Theory to Practice*, (pp. 1-10). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5_1
119. Eilks, I., Marks, R. & Stuckey, M. (2018). Socio-scientific issues as contexts for relevant education and a case on tattooing in chemistry teaching. *Educacion Química*, 29(1), 9–20.
 120. Enneking, K. M., Breitenstein, G. R., Coleman, A. F., Reeves, J. H., Wang, Y., & Grove, N. P. (2019). The evaluation of a hybrid, general chemistry laboratory curriculum: impact on students' cognitive, affective, and psychomotor learning. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1058–1067.
 121. Ennis, R. (2011). Critical thinking. *Inquiry Critical Thinking Across the Disciplines* 26 (1): 4–18. <https://doi.org/10.5840/inquiryctnews20112613>
 122. Enstein, J., Neno, K. J. T., & Tanggur, F. S. (2022). Perancangan Model Pembelajaran Teams Game Tournament Monopoli Budaya Ntt Menggunakan Genially. *HINEF: Jurnal Rumpun Ilmu Pendidikan*, 1(2), 78-85. <https://doi.org/10.37792/hinef.v1i2.628>
 123. Erdmann, M. A., & March, J. L. (2014). Video reports as a novel alternate assessment in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 650–657. <https://doi.org/10.1039/c4rp00107a>
 124. Erman, E. (2016). Factors contributing to students' misconceptions in learning covalent bonds. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(4), 520–537. <https://doi.org/10.1002/tea.21375>
 125. European Commission (2007). Key competences for lifelong learning: European reference Framework. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
 126. Fabriz, S., Mendzheritskaya, J., & Stehle, S. (2021). Impact of Synchronous and Asynchronous Settings of Online Teaching and Learning in Higher Education on Students' Learning Experience During COVID-19. *Frontiers in Psychology*, retrieved <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.733554> 01.10.2021)
 127. Facione, P. A. (2000). The Disposition toward critical thinking: Its character, measurement, and relationship to critical thinking skill. *Informal Logic*, 20 (1), 61-84. <https://doi.org/10.22329/il.v20i1.2254>
 128. Fägerstam, E. (2014). High school teachers' experience of the educational potential of outdoor teaching and learning. *Journal of Adventure Education & Outdoor Learning*, 14(1), 56–81. <https://doi.org/10.1080/14729679.2013.769887>
 129. Fakhrudin, A. (2019). Using google meet in teaching speaking. *Journal of English Language Learning*, 2(2), 43–46. <https://media.neliti.com/media/publications/318831-using-google-meet-in-teaching-speaking-76ca8806.pdf>
 130. Faria, A. L., Perdigão, A. C. B., Marçal, E., Kubrusly, M., Peixoto, R. A. C., & Júnior, A. a. P. (2021). OSCE 3D: a virtual clinical skills assessment tool for coronavirus pandemic times. *Revista Brasileira De Educação Médica*, 45(2), 1-7. <https://doi.org/10.1590/1981-5271v45.2-20200460.ing>
 131. Farina, W. J., & Bodzin, A. M. (2018). Effectiveness of an asynchronous online module on university students' understanding of the BOHR model of the hydrogen atom. *Journal of Science Education and Technology*, 27(3), 256–269. <https://doi.org/10.1007/s10956-017-9722-0>
 132. Farmer, A. J., & Wott, J. A. (1995). Field trips and follow-up activities: Fourth graders in a public garden. *Journal of Environmental Education*, 27(1), 33–35. <https://doi.org/10.1080/00958964.1995.9941969>
 133. Faulconer, E. K., Griffith, J. C., Wood, B., Acharyya, S., & Roberts, D. (2018). A comparison of online, video synchronous, and traditional learning modes for an introductory undergraduate physics course. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 404–411. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9732-6>
 134. Fayzullina, A. R., Zakirova, C. S., Dobrokhotov, D. A., Erkiada, G., Muratova, O. A., & Grishnova, E. E. (2023). Bibliometric review of articles related to context-based learning in

- science education. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 19(9), 1-9. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13534>
135. Febaliza, A., Afdal, Z., & Copriady, J. (2023). Improving students' critical thinking skills: Is interactive video and interactive web module beneficial? *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 17(03), 70–86. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i03.34699>
 136. Fensham, P. J. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884–896. <https://doi.org/10.1002/tea.20334>
 137. Ferdig, R. E., & Kennedy, K. (2014). *Handbook of Research on K-12 Online and Blended Learning*. ETC Press
 138. Ferguson, J., & DeFelice, A. (2010). Length of online course and student satisfaction, perceived learning, and academic performance. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 11(2), 73. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v11i2.772>
 139. Fern, A., Givan, R., & Siskind, J. M. (2011). Specific-to-general learning for temporal events with application to learning event definitions from video. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 17 (2002), 379–449.
 140. Ferris, D. R. (2023). Rhetorical strategies in student persuasive writing: Differences between native and non-native englishspeakers. *Research in the Teaching of English*, 28(1), 45–65 <https://eric.ed.gov/?id=EJ479249>
 141. Figlio, D. N., Rush, M., & Yin, L. (2013). Is it live or is it Internet? Experimental estimates of the effects of online instruction on student learning. *Journal of Labor Economics*, 31(4), 763–784. <https://doi.org/10.1086/669930>
 142. Finkelstein, N. (2005). Learning Physics in Context: A study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1187–1209. <https://doi.org/10.1080/09500690500069491>
 143. Fisher, A. (2011). *Critical Thinking: An Introduction*. Cambridge: University Press.
 144. Fisher, C. D. (2017). Padlet: An Online Tool for Learner Engagement and Collaboration. *Academy of Management Learning & Education*, 16, 163-165. <https://doi.org/10.5465/amle.2017.0055>
 145. Fjørtoft, I., & Sageie, J. (2000). The natural environment as a playground for children. *Landscape and Urban Planning*, 48(1–2), 83–97. [https://doi.org/10.1016/s0169-2046\(00\)00045-1](https://doi.org/10.1016/s0169-2046(00)00045-1)
 146. Flaherty, A. A. (2020). A review of affective chemistry education research and its implications for future research. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 698–713. <https://doi.org/10.1039/c9rp00200f>
 147. Forawi, S. A. (2016). Standard-based science education and critical thinking. *Thinking Skills and Creativity* 20, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.02.005>
 148. Forest, K., & Rayne, S. (2009). Thinking outside the classroom: Integrating field trips into a first-year undergraduate chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education*, 86(11), 1290-1294. <http://dx.doi.org/10.1021/ed086p1290>
 149. Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855–879. <https://doi.org/10.1080/09500690500038165>
 150. Friesen, N. (2012). Report: Defining blended learning. Retrieved from: https://www.normfriesen.info/papers/Defining_Blended_Learning_NF.pdf (13/4/2026).
 151. Fuchs, B.(2014). The Writing is on the Wall: Using Padlet for Whole-Class Engagement. *LOEX Quarterly*, 40(4),7-9.
 152. Fyfield, M., Henderson, M., & Phillips, M. (2022). Improving instructional video design: A systematic review. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(3), 155–183. <https://doi.org/10.14742/ajet.7296>

153. Gabel, D. L. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-548.
154. Galloway, K. R., Malakpa, Z., & Bretz, S. L. (2016). Investigating affective experiences in the undergraduate chemistry laboratory: Students' perceptions of control and responsibility. *Journal of Chemical Education*, 93(2), 227-238. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00737>
155. Gemmel, P. M., Goetz, M. K., James, N. M., Jesse, K., & Ratliff, B. J. (2020). Collaborative Learning in Chemistry: Impact of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2899-2904. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00713>
156. Geyer, A. M. (2014). Social networking as a platform for Role-Playing scientific case studies. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 364-367. <https://doi.org/10.1021/ed400261m>
157. Giannakos, M. N., Krogstie, J., & Chrisochoides, N. (2014). Reviewing the flipped classroom research: Reflections for computer science education. In Barendsen, E. & Dagiené, V. (Ed.), *Computer Science Education Research Conference (CSERC '14)* (pp. 23-29). New York, ACM.
158. Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (2000). Learning science through models and modeling. In K. Tobin and B. Frazer (Ed.), *The international handbook of science education* (pp. 53-66). Dordrecht: Kluwer.
159. Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in chemical education. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Ed.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 333-350). Models and Modeling in Science Education, Springer, Dordrecht.
160. Gilbert, J. K. (2007). On the nature of "Context" in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
161. Gill-Simmen, L. (2021). Using Padlet in instructional design to promote cognitive engagement: a case study of undergraduate marketing students. *Journal of Learning Development in Higher Education*, 20. <https://doi.org/10.47408/jldhe.vi20.575>
162. Ginns, P. (2006). Integrating information: a meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learn. Instruct.* 16(6), 511-525. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.10.001
163. Giunta, C.J. (2014). Review of Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources. *Journal of Chemical Education*, 91(1), 15-16. doi: <https://doi.org/10.1021/ed400810p>.
164. Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 5-14. <https://doi.org/10.1039/c1rp90003j>
165. Glackin, M. (2016). 'Risky fun' or 'Authentic science'? How teachers' beliefs influence their practice during a professional development programme on outdoor learning. *International Journal of Science Education*, 38(3), 409-433. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1145368>
166. Goldberg, J. R., V. Cariapa, G. F. Corliss, & Kaiser, K. M. (2014). Benefits of industry involvement in multidisciplinary capstone design courses. *International Journal of Engineering Education*, 30 (1), 6-13.
167. González-Peña, O. I., Peña-Ortiz, M. O., & Morán-Soto, G. (2021). Is it a good idea for chemistry and sustainability classes to include industry visits as learning outside the classroom? An initial perspective. *Sustainability*, 13(2), 752. <https://doi.org/10.3390/su13020752>
168. Graham, C. R., Borup, J., Pulham, E., & Larsen, R. (2019). K-12 Blended Teaching Readiness: model and instrument development. *Journal of Research on Technology in Education*, 51(3), 239-258. <https://doi.org/10.1080/15391523.2019.1586601>
169. Grčić, M.(1994). *Industrijska geografija*. Beograd: Naučna knjiga.

170. Green, S. K., & Gredler, M. E. (2002). A review and analysis of constructivism for school-based practice. *School Psychology Review*, 31(1), 53–70.
171. Greenberg, A. D., & Zanetis, J. (2012). The impact of broadcast and streaming video in education. *Cisco: Wainhouse Research*, 75(194), 21.
172. Greenbowe, T.J. & Sanger, M.J. (1996). Science-Technology-Society (STS) and ChemCom Courses Versus College Chemistry Courses: Is There a Mismatch? *Journal of Chemical Education*, 73(6), 532-536.
173. Griffin, J. (2004). Research on Students and Museums: Looking More Closely at the Students in School Groups. *Science Education*, 88(1), 59-70.
174. Grooms, J., Sampson, V., & Golden, B. (2014). Comparing the Effectiveness of Verification and Inquiry Laboratories in Supporting Undergraduate Science Students in Constructing Arguments Around Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 36(9), 1412–1433. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.891160>
175. Gulacar, O., Zowada, C., Burke, S., Nabavizadeh, A., Bernardo, A., & Eilks, I. (2020). Integration of a sustainability-oriented socio-scientific issue into the general chemistry curriculum: Examining the effects on student motivation and self-efficacy. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 15, 100232.
176. Guo, P. J., Kim, J., & Rubin, R. (2014). How Video Production Affects Student Engagement: An Empirical Study of MOOC Videos. In Proceedings of the First ACM Conference on Learning@ Scale Conference (pp. 41-50). New York, NY: Association for Computing Machinery.
177. Guseva, Y., & Kauppinen, T. (2018). Learning in the era of online videos: How to improve teachers' competencies of producing educational videos. In *4th International Conference on Higher Education Advances (HEAD'18)* (pp. 847-854). Editorial Universitat Politècnica de València.
178. Haagsman, M. E., Scager, K., Boonstra, J., & Koster, M. (2020). Pop-up questions within educational videos: Effects on students' learning. *Journal of Science Education and Technology*, 29(6), 713–724. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09847-3>
179. Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the Role of Digital Technologies in Education: A Review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275-285 <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
180. Hamlen, K. R. (2013). Understanding children's choices and cognition in video game play: A synthesis of three studies. *Zeitschrift für Psychologie*, 221(2), 107–114. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000136>
181. Hamper, B.C. & Meisel, J.W. (2020). Introducing Nonscience Majors to Science Literacy via a Laboratory and Lecture Beer Brewing Course. *Journal of Chemical Education*, 97(5), 1289-1294.
182. Hansch, A., Newman, C., Hillers, L., Shildhauer, T., McConachie, K., & Schmidt, P. (2015). Video and online learning : Critical reflections and findings from the field. Retrieved from: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2577882 (15/2/2026)
183. Harb, S. (2019). The Effectiveness of synchronous collaborative learning (Electronic/Blended) on Achievement and Developing Skills of Employing Active Learning among Al-Aqsa University Students of College of Education. *International Journal of Research in Educational Sciences*, 2(02), 307–342. <https://doi.org/10.29009/ijres.2.2.9>
184. Haris, M., Yunus, M. M., & Badusah, J. H. (2017). The Effectiveness of Using Padlet in ESL Classroom. *International Journal of Advanced Research*, 5, 783-788. <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/3214>
185. Harlen, W. (2001). The assessment of scientific literacy in the OECD/PISA project. *Studies in Science Education*, 36(1), 79–103. <https://doi.org/10.1080/03057260108560168>
186. Härnqvist, K., & Burgen, A. (1997). *Growing up with Science: developing early understanding of Science*. London: Jessica Kingsley Publishing

187. Harris, S. R. (2010). *What is constructionism?: navigating its use in sociology*. Boulder, Colo: Lynne Rienner Publishers.
188. Harrison, T. (2019). How distance education students perceive the impact of teaching videos on their learning. *Open Learning the Journal of Open Distance and e-Learning*, 35 (3): 260–276. <https://doi.org/10.1080/02680513.2019.1702518>
189. Hatch, T., J. Shuttleworth, A. T. Jaffee, & Marri, A. (2016). Videos, pairs, and peers: What connects theory and practice in teacher education?. *Teaching and Teacher Education*, 59, 274–284. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.04.011>
190. Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta analyses related to achievement*. New York: Routledge.
191. Hawthorne, B. S., Vella-Brodick, D. A., & Hattie, J. (2019). Well-Being as a Cognitive Load Reducing Agent: A Review of the Literature. *Frontiers in Education*, 4 (121), 1-11 <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00121>
192. Hayes, C., Stott, K., Lamb, K. J., & Hurst, G. A. (2020). Making Every Second Count: utilizing TikTok and systems thinking to facilitate scientific public engagement and contextualization of chemistry at home. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3858–3866. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00511>
193. Hermita, N., Vebrianto, R., Putra, Z. H., Alim, J. A., Wijaya, T. T., & Sulistiyo, U. (2022). Effectiveness of gamified instructional media to improve critical and creative thinking skills in science class. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 7(3), 44-50.
194. Herrmann, K. J. (2013). The impact of cooperative learning on student engagement: Results from an intervention. *Active Learning in Higher Education*, 14(3), 175-187.
195. Herron, J.D. (1996). *The chemistry classroom: Formulas for successful teaching*, Washington, DC: American Chemical Society.
196. Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2013). Use of Web 2.0 technologies in K-12 and higher education: The search for evidence-based practice, *Educational Research Review*, 9, 47–64. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.08.001>
197. Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
198. Hmelo-Silver, C. (2004). Problem-based learning: What and how do studnets learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <http://dx.doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
199. Hofstein, A., & Kesner, M. (2006). Industrial Chemistry and School Chemistry: Making chemistry studies more relevant. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1017–1039. <https://doi.org/10.1080/09500690600702504>
200. Hofstein A., & Kempa R.F.(1985). The motivating strategies in science education: Attempt at an analysis. *European Journal of Science Education*, 7, 221-229
201. Hofstein, A., & Kesner, M.(2006). Industrial chemistry and school chemistry: Making chemistry studies more relevant. *International Journal of Science Education*. 28 (9), 1017-1039
202. Hofstein, A. & Kesner, M. (2015). Learning from and about Industry for Relevant Chemistry Education. In: Eilks, I., Hofstein, A. (Ed.), *Relevant Chemistry Education*. SensePublishers, Rotterdam. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5_15
203. Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education*, 28(1), 87-112. <https://doi.org/10.1080/03057269608560085>
204. Hofstein, A., Maoz, N., & Rishpon, M. (1990). Attitudes towards school science: comparison of participants in extracurricular science activities. *School Science and Mathematics*, 90, 13-22

205. Hofstein, A. (2004). The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience with Developments, Implementation, and Research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5, 247-264.
206. Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). Providing High School Chemistry Students with Opportunities to Develop Learning Skills in an Inquiry-Type Laboratory: A Case Study. *International Journal of Science Education*, 26, 47-62. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070342>
207. Holbrook, J. (2005). Making chemistry teaching relevant. *Chemical Education International*, 6(1), 1-12. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5_15
208. Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2007). The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362.
209. Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International journal of environmental and science education*, 4(3), 275-288.
210. Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2017). Context-Based teaching and Socio-Scientific issues. In K. Taber, & Akpan, B. (Ed.), *Science Education An International Course Companion* (pp. 279-294). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_21
211. Hollands, F. M., & Tirthali, D. (2014). Why do Institutions Offer MOOCs?. *Online Learning*, 18(3), 1-19. <https://doi.org/10.24059/olj.v18i3.464>
212. Höper, J., & Köller, H.G. (2018). Outdoor chemistry in teacher education – A case study about finding carbohydrates in nature. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 6(2), 27–45. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.6.2.314>
213. Hrastinski, S. (2019). What Do We Mean by Blended Learning? *TechTrends*, 63(5), 564-569.
214. Huang, W., Eades, P., & Hong, S. (2009). Measuring Effectiveness of graph Visualizations: A Cognitive load perspective. *Information Visualization*, 8(3), 139–152. <https://doi.org/10.1057/ivs.2009.10>
215. Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82 (3), 407–416.
216. Hurst, G. A., Sloomweg, J. C., Balu, A. M., Climent-Bellido, M. S., Gomera, A., Gomez, P., Luque, R., Mammino, L., Spanevello, R. A., Saito, K., & Ibáñez, J. G. (2019). International perspectives on green and Sustainable Chemistry Education via Systems Thinking. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2794–2804. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00341>
217. Hussein, F., & Reid, N. (2009). Working memory and difficulties in school chemistry. *Research in Science and Technological Education*, 27(2), 161-185.
218. Ijirana, I., S. Aminah, S. Supriadi, & Magfirah., M. (2022). Critical thinking skills of chemistry education students in team project-based STEM-metacognitive skills learning during the Covid19 pandemic. *Journal of Technology and Science Education* 12 (2): 397. <https://doi.org/10.3926/jotse.1697>
219. Ilhan, N., Yildirim, A. & Yilmaz, S.S. (2016). The Effect of Context-based Chemical Equilibrium on Grade 11 Students' Learning, Motivation and Constructivist Learning Environment. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(9), 3117-3137. doi: 10.12973/ijese.2016.919a
220. Im, I., Hong, S., & Kang, M. S. (2011). An international comparison of technology adoption, *Information & Management*, 48(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.im.2010.09.001>
221. Irvin, D. W., Hume, K., Boyd, B. A., McBee, M. T., & Odom, S. L. (2013). Child and classroom characteristics associated with the adult language provided to preschoolers with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(8), 947–955. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.04.004>
222. Itzek, G. H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (2016). Effectiveness of lab-work learning environments in and out of school: A cluster randomized

- study. *Contemporary Educational Psychology*, 48(C), 98–115. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.09.005>
223. Ivić I., Pešikan, A., Kostić, A. (2021). *Ključni podaci o obrazovanju u Srbiji. Strateški podaci razvoja Srbije u XXI veku (drugi ciklus). Obrazovanje: stanje, perspektive i uloga u razvoju Srbije*. Beograd: Službeni glasnik.
224. Iyamuremye, A., Twagilimana, I., & Niyonzima, F. N. (2024). Examining the utilization of web-based discussion tools in teaching and learning organic chemistry in selected Rwandan secondary schools. *Heliyon*, 10(20), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39356>
225. Jakobsche, C. E., Kongsomjit, P., Milson, C. R., Wang, W., & Ngan, C. (2023). Incorporating an Intelligent Tutoring System into the DiscoverOChem Learning Platform. *Journal of Chemical Education*, 100(8), 3081–3088. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00117>
226. Jeronen, E., Palmberg, I., & Yli-Panula, E. (2017). Teaching Methods in Biology Education and Sustainability Education Including Outdoor Education for Promoting Sustainability-A Literature Review. *Education Sciences*, 7(1), 1-19. <https://doi.org/10.3390/educsci7010001>
227. Jimoyiannis, A., Tsiotakis, P., Roussinos, D., & Siorenta, A. (2013). Preparing teachers to integrate Web 2.0 in school practice: Toward a framework for Pedagogy 2.0. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(2), 248-268. <https://doi.org/10.14742/ajet.157>
228. Johnson, C., Boon, H., & Thompson, M. D. (2021). Cognitive Demands of the Reformed Queensland Physics, Chemistry and Biology Syllabus: An analysis framed by the New Taxonomy of Educational Objectives. *Research in Science Education*, 52(5),1603–1622. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-09988-4>
229. Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning* 7 (2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
230. Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
231. Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9-15.
232. Johnstone, A. H. (2009). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22–29. <https://doi.org/10.1021/ed800026d>
233. Jollands, M., Jolly, L., & Molyneaux, T. (2012). Project-based learning as a contributing factor to graduates' work readiness. *European Journal of Engineering Education*, 37(2), 143-154
234. Jong, O., & Taber, K.S. (2007). Teaching and learning the many faces of chemistry. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Ed.), *Handbook of research in science education*, (pp. 631-652). New York: Routledge.
235. Jordan, A., Carlile, O., & Stack, A. (2008). *Approaches to Learning: A Guide for Teachers*. New York: McGraw Hill.
236. Jung, H. B., Zamora, F., & Duzgoren-Aydin, N. S. (2017). Water quality monitoring of an urban estuary and a coastal aquifer using field kits and meters: A community-based environmental research project, *Journal of Chemical Education*, 94(10), 1512-1516. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00334>
237. Kahveci, A. (2003). Chemistry at a distance: instructional strategies and the internet component of the courses - a chronological review of the literature. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 4(3),1-8. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tojde/issue/16937/176818>
238. Kalantzis, M., & Cope, B. (2008). *New Learning. Elements of Science of Education*. Cambridge: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511811951>
239. Kalyuga, S. (2007). Expertise Reversal Effect and its Implications for Learner-Tailored Instruction. *Educational Psychology Review*, 19(4), 509–539. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9054-3>

240. Kalyuga, S. (2010). Schema acquisition and sources of cognitive load. In J. L. Plass, R. Moreno, & R. Brünken (Ed.), *Cognitive load theory* (pp. 48–64). Cambridge University Press.
241. Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, *40*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1518/001872098779480587>
242. Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, *38*(1), 23–31. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_4
243. Kanselaar, G. (2002). Constructivism and socio-constructivism (pp.1-7). Retrieved from: <https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/6684/12305.pdf?sequence=2> (12/4/2026)
244. Kapur, D. (2023). The role of Google Classroom and Google Meeting on learning Effectiveness. *Siber International Journal of Education Technology (SIJET)*, *1*(1), 8–16. <https://doi.org/10.38035/sijet.v1i1.13>
245. Karişan, D., & Eilks, I. (2023). Sources of knowledge and trust in authorities as prerequisites of pre-service teachers reflective judgment skills in the context of socioscientific issues. *Journal of Pedagogical Research*, *7* (5), 1-17. <https://doi.org/10.33902/jpr.202322416>
246. Kattoua, T., Al-Lozi, M., & Alrowwad, A. A. (2016). A review of literature on e-learning systems in higher education. *International Journal of Business Management and Economic Research*, *7*(5), 754-762
247. Kavak, N., & Yamak, H. (2016). Picture Chem: playing a game to identify laboratory equipment items and describe their use. *Journal of Chemical Education*, *93*(7), 1253–1255. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00857>
248. Kay, R. H. (2012). Exploring the use of video podcasts in education: A comprehensive review of the literature. *Computers in Human Behavior*, *28*(3), 820–831. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.01.011>
249. Kempa, R.F. (1983). Developing new perspectives in chemical education. In A. Ramobaud & H.W. Heikkinen (Ed.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Chemistry, Education, and Society* (pp. 34–42). Montpellier, France: L'Atelier Duplication de l'U.S.T.L.
250. Keshab, N. (2022). Evolution of the Internet from Web 1.0 to Metaverse: The Good, The Bad and The Ugly. Retrieved form: <https://www.techrxiv.org/doi/full/10.36227/techrxiv.19743676.v1> (5/4/2026).
251. Kesner, M., Hofstein, A., & Ben-Zvi, R. (1997). The development and implementation of two industrial chemistry case studies for the Israeli high school chemistry curriculum. *International journal of science education*, *19*(5), 565-576.
252. Kirschner, P., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, *41*(2), 75–86. doi: 10.1207/s15326985ep4102_1
253. Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P. A. (2009). A cognitive load approach to collaborative learning: united brains for complex tasks. *Educational Psychology Review*, *21*, 31–42. doi: 10.1007/s10648-008-9095-2
254. Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P. A. (2011). Task complexity as a driver for collaborative learning efficiency: the collective working-memory effect. *Applied Cognitive Psychology*, *25*, 615–624. doi: 10.1002/acp.1730
255. Kisiel, J. (2005). Understanding elementary teacher motivations for science fieldtrips. *Science Education*, *89*(6), 936–955. <https://doi.org/10.1002/sci.20085>
256. Kisiel, J. (2006). An examination of fieldtrip strategies and their implementation within a natural history museum. *Science Education*, *90*(3), 434–452. <https://doi.org/10.1002/sci.20117>

257. Koballa, T., Kemp, A., & Evans, R. (1997). The Spectrum of Scientific Literacy. *Science Teacher*, 64(7), 27-31
258. Koehler, A. A., & Ertmer, P. A. (2016). Using Web 2.0 tools to facilitate Case-Based instruction: considering the possibilities, *Educational Technology Archive*, 56(1), 3–13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6460439>
259. Kohen, Z., Herscovitz, O., & Dori, Y. J. (2019). How to promote chemical literacy? On-line question posing and communicating with scientists. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 250–266. <https://doi.org/10.1039/c9rp00134d>
260. Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
261. Kolb, D.A. (2015). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. 2nd Edition, Pearson Education, Inc.
262. Kolil, V. K., Muthupalani, S., & Achuthan, K. (2020). Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>
263. Kolstø, S.D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310. <https://doi.org/10.1002/sce.1011>
264. Köse, E. Ö., & Tosun, F. Ç. (2015). Effects of context based learning on students achievement and attitudes in biology, *Kastamonu Education Journal*, 23 (4), 1425-1436. <https://izlik.org/JA69TN33XM>
265. Koumi, J. (2006). *Designing Video and Multimedia for Open and Flexible Learning* (1st ed.). London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203966280>
266. Kozić, M. S. & Trivic, D. D. (2022). The waterworks: A context for understanding chemistry concepts in the seventh grade of primary school. *Journal of Baltic Science Education*, 21(6A), 1165-1180. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.1165>
267. Kozma R. & Russell J. (1997). Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.
268. Krajcik, J. S., & Sutherland, L. M.(2010). Supporting Students in Developing Literacy in Science. *Science*, 328(5977), 456–459. <http://www.jstor.org/stable/40655775>
269. Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning: An educational-psychological perspective. *European Journal of Psychology of Education*, 14(1), 23–40. <https://doi.org/10.1007/BF03173109>
270. Kreijns, K., Kirschner, P. A., & Jochems, W. (2002). The sociability of computer-supported collaborative learning environments. *Journal of Education Technology & Society*, 5(1), 8–22
271. Krepel, W. J. & Duvall, C. R. (1981). *Field trip: A guideline for planning and conducting educational experiences*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
272. Krieglstein, F., Beege, M., Rey, G. D., Sanchez-Stockhammer, C., & Schneider, S. (2022). Development and validation of a Theory-Based questionnaire to measure different types of cognitive load. *Educational Psychology Review*, 35(1), 1–37. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09738-0>
273. Kirschner, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gess-Newsome, J., & von Aufschnaiter, C. (2016). Developing and evaluating a paper-and-pencil test to assess components of physics teachers' pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 38(8), 1343–1372. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1190479>
274. Krishnamurthy, N. (2022). Teaching Freshmen chemistry in India during the COVID-19 Pandemic: Student perspectives and challenges. *Journal of Chemical Education*, 98(12), 3884–3891. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00813>

275. Ku, K. Y. L. (2009). Assessing students' critical thinking performance: Urging for measurements using multi-response format. *Thinking Skills and Creativity*, 4(1), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2009.02.001>
276. Kujur, P., & Chhetri, B. (2015). Evolution of World Wide Web: Journey From Web 1.0 to Web 4.0. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/280944777_Evolution_of_World_Wide_Web_Journey_From_Web_10_to_Web_40 (10/3/2026)
277. Kulichenko, V., Borysova, S., Bazyl, O., Hubal, H., & Barkar, U. (2024). Station rotation model of blended learning in higher education. *Conhecimento & Diversidade*, 16(41), 182–202. <https://doi.org/10.18316/rcd.v16i41.11434>
278. Lakho, S., Jalbani, A. H., Memon, I. A., Soomro, S. S., & Chandio, A. A. (2022). Development of an integrated blended learning model and its performance prediction on students' learning using Bayesian network. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 43(2), 2015–2023. <https://doi.org/10.3233/jifs-219301>
279. Lantada, A. Z., Morgado, P.L., Munoz-Guijosa, J. M., Otero, V., Chaco, E., & Mun, L. (2013). Study of collaboration activities between academia and industry for improving the teaching-learning process. *The International Journal of Engineering Education*, 29(5), 1059–1067.
280. Lau, P. N. (2020). Enhancing formative and self-assessment with video playback to improve critique skills in a titration laboratory. *Chemistry education research and practice*, 21(1), 178-188.
281. Lawrence, N. K., S. L. Serdikoff, T. E. Zinn, & Baker., S. C. (2009). *Have we demystified critical thinking?* In *Teaching critical thinking in psychology: A handbook of best practices*, edited by D. S. Dunn, J. S. Halonen and R. A. Smith, 23-33. Hoboken, NJ: WileyBlackwell.
282. Leahy, W., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). When auditory presentations should and should not be a component of multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 17(4), 401–418. doi: 10.1002/acp.877
283. Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*. New Jersey: Arblex Publishing Corporation.
284. Levitt, K.E. (2001). An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of science. *Science Education*, 86(1), 1-22.
285. Li, J., Yang, M. A., & Xue, Z. H. (2022). CHEMTrans: Playing an interactive board game of chemical reaction aeroplane chess. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 1060–1067. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00333>
286. Lin, M. H., Chen, H. C., & Liu, K. S. (2016). A study of the effects of digital learning on learning motivation and learning outcome. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3553–3564. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00744a>
287. Linder, K. E. (2017). Fundamentals of hybrid teaching and learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 2017(149), 11–18. <https://doi.org/10.1002/tl.20222>
288. Lubben, F., Campbell, B., & Diamini, B. (1997). Achievement of Swazi students learning science through everyday technology. *Journal of the Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 1(1), 26–40. <https://doi.org/10.1080/10288457.1997.10756086>
289. Luck, L. A., & Blondo, R. M. (2012). The grapes of class: Teaching chemistry concepts at a winery. *Journal of Chemical Education*, 89(10), 1264–1266.
290. Lunetta, V. N., A. Hofstein, & M. Clough. (2007). *Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice*. In N. Lederman and S. Abel (Ed.), *Handbook of research on science education*, (pp.393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

291. Lutz, S., & Huitt, W. (2004). Connecting cognitive development and constructivism: Implications from theory for instruction and assessment. *Constructivism in the Human Sciences*, 9(1), 67-90.
292. Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5 (3), 229–245. <https://doi.org/10.1039/b4rp90026j>
293. Mahaffy, P. (2006). Moving chemistry education into 3D: A tetrahedral metaphor for understanding chemistry. Union Carbide Award for Chemical Education. *Journal of Chemical Education*, 83 (1): 49-55. <https://doi.org/10.1021/ed083p49>
294. Mai, N., & To, K. N. (2001). Multimedia Learning: A New Paradigm in Education, *International Conference on Technology and Education*, pp.1–3.
295. Majid, A. N., & Rohaeti, E. (2018). The Effect of Context-Based Chemistry Learning on student achievement and attitude. *American Journal of Educational Research*, 6(6), 836–839. <https://doi.org/10.12691/education-6-6-37>
296. Majumdar, A. (2017). Getting Started With Video-Based Learning. Retrived from: <https://elearningindustry.com/video-based-learning-getting-started> (13/4/2026).
297. Mamlok-Naaman, R., Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Menis, J. & 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. <https://doi.org/10.1007/s10763-005-0696-7>
298. Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayon, M., & Hofstein, A. (2012). High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 80–92. <https://doi.org/10.1039/C1RP90071D>
299. Margel, H., Eylon, B., & Scherz, Z. (2006). From Textiles to Molecules—Teaching about Fibers To Integrate Students’ Macro- and Microscale Knowledge of Materials. *Journal of Chemical Education*, 83(10), 1552-1556. <https://doi.org/10.1021/ed083p1552>
300. Marković, M., Ranđelović, M., Trivić, D., Bojović, S. & Zindović-Vukadinović G. (2006). Efikasnost različitih metoda nastave i učenja hemije u osnovnoj školi. *Nastava i vaspitanje*, 55(4), 398-413
301. Marks, R., & Eilks, I. (2009). Promoting scientific literacy using a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry teaching: Concept, examples, experiences. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 231–245.
302. Marks, R., Bertram, S., & Eilks, I. (2008). Learning chemistry and beyond with a lesson plan on potato crisps, which follows a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry lessons – a case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 267–276. <https://doi.org/10.1039/b812416g>
303. Martineau, E., & Boisvert, L. (2011). Using Wikipedia to develop students’ critical analysis skills in the undergraduate chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education*, 88(6), 769–771. <https://doi.org/10.1021/ed100017k>
304. Martínez-Borreguero, G., Maestre-Jiménez, J., Mateos-Núñez, M., & Naranjo-Correa, F. L. (2020). Water from the Perspective of Education for Sustainable Development: An Exploratory Study in the Spanish Secondary Education Curriculum. *Water*, 12(7), 1877. <https://doi.org/10.3390/w12071877>
305. Mayer, R. E., (1989). Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 81, 240-246.
306. Mayer, R. E. (2001). Multimedia learning. Cambridge, UK: Cambridge University Press
307. Mayer, R.E. (2002). Rote versus meaningful learning: Revising Bloom’s taxonomy. *Theory into practice*, 41 (4), 226-232.
308. Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
309. Mayer, R. E. (2011). Applying the science of learning to multimedia instruction. In J. P. Mestre & B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Cognition in*

- education* (pp. 77–108). Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00003-X>
310. Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
 311. Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
 312. Mayer, R. E. (2024). The past, present, and future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 36(1), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1>
 313. Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93 (2), 390–397. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.390>;
 314. Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52.
 315. McDermott, L.(2016). Lowering Barriers to Undergraduate Research through Collaboration with Local Craft Breweries. *Journal of Chemical Education*, 93 (9), 1543-1548. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00875>
 316. McInnerney, J.M. & Roberts, T.S. (2004) Online Learning: Social interaction and the Creation of a Sense of Community. *Journal of Educational Technology & Society*, 7 (3), 73-81.
 317. Melesse, D., Menkir, S., Yemata, G., & Seifu, A. (2025). Effect of context-based instructional approach on students’ science process skills acquisition in environmental concepts. *Education Inquiry*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/20004508.2025.2453256>
 318. Metrejean, C., Pittman, J., & Zarzeski, T. M. (2002). Guest speakers: reflections on the role of accountants in the classroom. *Accounting Education*, 11(4), 347-364. <https://doi.org/10.1080/0963928021000031466>
 319. Milanovic, V. D., & Trivic, D. D. (2020). Arguments of 14-Year-Olds in the context of history of the development of organic Chemistry. *Science & Education*, 29(1), 43–74. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00092-8>
 320. Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
 321. Miller, B. (2010). Skills for sale: what is being commodified in higher education? *Journal of Further and Higher Education*, 34(2), 199–206. <https://doi.org/10.1080/03098771003695460>
 322. Miyoshi, M., Tsuboyama-Kasaoka, N., & Nishi, N. (2012). School-based “Shokuiku” program in Japan: application to nutrition education in Asian countries. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 21(1), 159–162. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22374574>
 323. Mizuno, K., Tanaka, M., Yamaguti, K., Kajimoto, O., Kuratsune, H., & Watanabe, Y. (2011). Mental fatigue caused by prolonged cognitive load associated with sympathetic hyperactivity. *Behavioral and Brain Functions*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-7-17>
 324. Moore, M. G. (1989). Editorial: Three types of interaction. *American Journal of Distance Education*, 3(2), 1–7. <https://doi.org/10.1080/08923648909526659>
 325. Moreno, R. (2007). Optimising learning from animations by minimising cognitive load: cognitive and affective consequences of signalling and segmentation methods. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 765–781. <https://doi.org/10.1002/acp.1348>
 326. Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358–368. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.2.358>

327. Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments: Special issue on interactive learning environments: Contemporary issues and trends. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
328. Mork, S. M., Jorde, D. (2004). We Know they Love Computers, but do they Learn Science? Using Information Technology for Teaching about a Socio-scientific Controversy. *Themes in Education*, 5 (1), 69-100.
329. Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87(2), 319–334. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.87.2.319>
330. Moy, C. L., J. R. Locke, B. P. Coppola, & A. J. McNeil. (2010). Improving science education and understanding through editing Wikipedia. *Journal of Chemical Education*, 87 (11), 1159–1162. doi: 10.1021/ed100367v.
331. Mozeika, D., & Bilbokaite, R. (2010). *Teaching and Learning Method for Enhancing 15-16 Years Old Students' Knowledge as One Of Scientific Literacy Aspect in Chemistry: Results Based on Research and Approbation*. 1(3), 1-16. <https://izlik.org/JA58GU84PJ>
332. Mucundanyi, G. (2021). Design Strategies for Developing an Engaging Online Course in Higher Education. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 17(3), 198-206.
333. Mundy, C. E., & Nokeri, B. K. (2024). Investigating the effects of a Context-Based Laboratory Exercise for Meaningful Learning. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3118–3125. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01260>
334. Mutlu-Bayraktar, D., Cosgun, V., & Altan, T. (2019). Cognitive load in multimedia learning environments: A systematic review. *Computers & Education*, 141 (103618), 1-57. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103618>
335. Nadelson L. S., Scaggs J., Sheffield C. and McDougal O. M., (2015), Integration of video-based demonstrations to prepare students for the organic chemistry laboratory, *Journal of Science Education and Technology*, 24(4), 476–483.
336. Nae, N., Hofstein, A., & Samuel, D. (1980). Chemical industry, a new interdisciplinary course for secondary school chemistry. *Journal of Chemical Education*, 57(5), 366-368. <https://doi.org/10.1021/ed057p366>
337. Nae, N., Hofstein, A., & Samuel, D. (1982). The case for case studies: School chemistry and chemical industry. *Education in Chemistry*, 19(1), 20-21. <http://doi.org/10.1080/02635140701250659>
338. Nazarenko, A. L. (2015). Blended learning vs traditional learning: What works? (A case study research). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 200, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.018>
339. Nehe, B. M. (2021). Students' perception of Google Meet video conferencing platform during English speaking class. *English Review: Journal of English Education*, 10(1), 93–104.
340. Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Grasel, C., & Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext: Situating learning in relevant contexts while systematically developing basic chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 84(9), 1439-1444. <http://doi.org/10.1021/ed084p1439>
341. Ni'mah, N. K., Warsiman, W., & Hermiati, T. (2022). Efforts to Increase Student Learning Interest Through Genially Media in Indonesian Online Learning in Class X Students of SMA Negeri 5 Malang. *Journal of Metamorphosis* 10(1), 1–10. doi: 10.46244/metamorphosa.v10i1.1731.
342. Nielsen, R. P., Sørensen, J. L., Simonsen, M. E., Madsen, H., Muff, J., Strandgaard, M., & Søgaard, E. G. (2016). Brewing as a comprehensive learning platform in chemical engineering. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1549–1555. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00994>

343. Nikolaeva, S., & Korol, T. (2021). Prospective Philologists' translation assessment triangulation: screen video recording and think aloud protocol combination. *Advanced Education*, 8(18), 30–41. <https://doi.org/10.20535/2410-8286.228550>
344. Nilayon, N., & Brahmakasikara, L. (2018). Using Social Network Sites for Language Learning and Video Conferencing Technology to Improve English Speaking Skills: A Case Study of Thai Undergraduate Students. *LEARN Journal: Language Education and Acquisition Research Network*, 11(1), 47-63.
345. Nilson, L. B. (2010). *Teaching at its best: A research-based resource for college instructors* (2nd ed.). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
346. Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
347. Nummenmaa, M., & Nummenmaa, L. (2008). University students' emotions, interest and activities in a web-based learning environment. *British Journal of Educational Psychology*, 78(1), 163–178. <https://doi.org/10.1348/000709907x203733>
348. Nunnally, J.C. (1978). *Psychometric theory*. (2nd ed.). McGraw-Hill.
349. Nyamapfene, A. (2012). Towards a framework for successful learning outcomes in industrial visits. *Innovative Practices Research in Engineering Education*, 2012, 1-7.
350. O'Dwyer, A. & Childs, P., (2014), Organic Chemistry an Action! Developing an intervention program for Introductory Organic Chemistry to improve learner's Understanding, Interest and Attitudes, *Journal of Chemical Education*, 91 (7), 987–993.
351. O'Reilly, T. (2007). What Is Web 2.0? Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. *Communications & Strategies*, 65, 17-37.
352. OECD (2006). *Education at a Glance 2006: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/eag-2006-en>.
353. OECD (2007). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1: Analysis*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264040014-en>.
354. OECD (2019). *OECD Skills Strategy 2019: Skills to Shape a Better Future*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264313835-en>.
355. OECD (2022). *Education at a Glance 2022: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/3197152b-en>.
356. Ogbonna, C. G., Ibezim, N. E., & Obi, C. A. (2019). Synchronous versus asynchronous e-learning in teaching word processing: An experimental approach. *South African Journal of Education*, 39(2), 1–15. <https://doi.org/10.15700/saje.v39n2a1383>
357. Olić Ninković, S., Adamov, J., & Rakita, A. P. (2022). Students opinions toward using platform socrative in chemistry education. *Journal of Baltic Science Education*, 21(6A), 1181–1190. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.1181>
358. Onyeiwu, S., & Nguyen, H. (2018). Incorporating Field Trips Into The Teaching Of Business And Economics: Method And Evaluation. *Journal for Economic Educators*, 18(2), 60-80.
359. Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1097–1119. <https://doi.org/10.1002/tea.3660311005>
360. Orion, N. (1989). Development of a High-School Geology Course Based on Field Trips. *Journal of Geological Education*, 37(1), 13–17. <https://doi.org/10.5408/0022-1368-37.1.13>
361. Orion, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331. <http://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1993.tb12254.x>
362. Ornellas, A., & Muñoz Carril, P. C. (2014). A methodological approach to support collaborative media creation in an e-learning higher education context. *Open Learning: The*

- Journal of Open, Distance and e-Learning*, 29(1), 59–71. <https://doi.org/10.1080/02680513.2014.906916>
363. Orro G., Longo L. (2019). The evolution of cognitive load theory and the measurement of its intrinsic, extraneous and germane loads: a review, In L., Longo, M. and C. Leva (Ed.), *Human Mental Workload: Models and Applications*, (pp.23–48). Berlin, Springer.
 364. Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
 365. Otrell-Cass, K., Khoo, E., & Cowie, B. (2012). Scaffolding with and through videos: An example of ICT-TPACK. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 12(4), 369-390.
 366. Ou, C., Joyner, D.A., & Goel, A.K. (2019). Designing and developing video lessons for online learning: A seven-principle model. *Online Learning*, 23(2), 82-104. doi:10.24059/olj.v23i2.1449
 367. Owen, E., & Sweller, J. (1985). What do students learn while solving mathematics problems? *Journal of Educational Psychology*, 77(3), 272–284. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.77.3.272>
 368. Ozturk, B.(2023). *Relation of 21st-century skills with science education:Prospective Elementary Teachers' Evaluation*. Educational Academic Research, 50,126-139. doi:10.5152/AUJKKEF.2023.23321
 369. Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 27–42). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.004>
 370. Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and instructional Design: recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3801_1
 371. Pass, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 1–8. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021806.17516.d0>
 372. Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. Oxford University Press.
 373. Pang, H., Tang, S., Han, J. Y., & Fung, F. M. (2023). Exploring the use of an Avatar-Based online platform to facilitate social interaction in laboratory sessions. *Journal of Chemical Education*, 100(10), 3832–3840. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00093>
 374. Parong, J., & Mayer, R. E. (2019). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
 375. Pascopella, A. (2008). Web tools: The second generation. *District Administration*, 44(6), 54–58.
 376. Patil, R., Wagner, J., Schweisinger, T., Collins, R., Gramopadhye, A., & Hanna, M. (2012). A multidisciplinary mechatronics course with assessment-Integrating theory and application through laboratory activities. *International Journal of Engineering Education*, 28(5), 1141–1149.
 377. Paul, R., & Elder, L. (2012). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life*. Pearson Education.
 378. Pavlović-Babić, D., Baucal, A., & Kuzmanović, D. (2009). Naučna pismenost: PISA 2003 i PISA 2006. Beograd: MPRS, ZVKOV, Institut za psihologiju.
 379. Pavlović-Babić, D. & Baucal, A. (2010). Čitalačka pismenost kao mera kvaliteta obrazovanja: procena na osnovu PISA2009 podataka. *Psihološka istraživanja*, 13(2), 241–260.

380. Pavlović-Babić, D. & Baucal, A. (2013). Inspiriši me, podrži me, PISA2012 u Srbiji: prvi rezultati. Beograd: Institut za psihologiju Filozofskog fakulteta u Beogradu, Centar za primenjenu psihologiju.
381. Pedretti, E. (2005). STSE education: Principles and practices. In S. Alsop, L. Bencz., & E. Pedretti (Ed.), *Analyzing exemplary science teaching: Theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice* (pp. 116–126). London, England: Open University Press.
382. Pekdaž, B., & Le Maréchal, J.F. (2010). An Explanatory Framework for Chemistry Education: The Two-World Model. *Education and Science*, 35(157), 84–99. <https://doi.org/10.15390/ES.2010.878>
383. Pekdaž, B. (2020). Video-based instruction on safety rules in the chemistry laboratory: its effect on student achievement. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 953–968. <https://doi.org/10.1039/d0rp00088d>
384. Peñas-Garzón M., Moreno-Medina I., Bedia J. & Belver C., (2025), Genially as an effective resource to improve the dynamics and motivation in the chemical engineering degree, *Journal of Chemical Education*, 102(2), 714–721. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01377>
385. Pérez-Torregrosa, A. B., Díaz-Martín, C., & Ibáñez-Cubillas, P. (2017). The use of video annotation tools in teacher training. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237(2017), 458–464. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.090>
386. Perkins, K. K., Barbera, J., Adams, W. K., & Wieman, C. E. (2007). Chemistry vs. Physics: A Comparison of How Biology Majors View Each Discipline. *AIP Conference Proceedings*, 883 (1), 53–56. <https://doi.org/10.1063/1.2508689>
387. Pesikan, A. (2010). The contemporary view of the nature of school learning and teaching: The socio-constructivist perspective and its practical implications. *Psiholoska Istrazivanja*, 13(2), 157–184. <https://doi.org/10.5937/psistra1002157p>
388. Pešikan, A. (2020). *Learning in Educational Context: Psychology of Learning/ Teaching* [Srb: Učenje u obrazovnom kontekstu: osnove psihologije učenja/ nastave]. Beograd: Službeni glasnik
389. Petritis, S. J., Byrd, K. M., & Schneller, W. (2022). Hybridization Gamified: a mobile app for learning about hybridization. *Journal of Chemical Education*, 99(3), 1155–1159. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00890>
390. Petrović, D. (2006). *Istorija industrije Beograda: razvoj i razmeštaj industrije Beograda u XIX i XX veku*. Beograd: Srpsko geografsko društvo
391. Pezaro, P., Mazor, E., Samuel, D., & Ben-Zvi, N. (1978). Chemistry of rocks and minerals. A new interdisciplinary curriculum for secondary schools. *Journal of Chemical Education*, 55(6), 383. <https://doi.org/10.1021/ed055p383>
392. Piaget, J. (1995). *Sociological Studies*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203714065>
393. Pınarbaşı, T., & Canpolati, N. (2003). Students' understanding of solution chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 80(11), 1328–1332. <https://doi.org/10.1021/ed080p1328>
394. Plass, L., Schwartz, R., & Heidig S., (2012). Interactivity in Multimedia Learning, in: N.M. Seel: *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, Springer.
395. Podschuweit, S., & Bernholt, S. (2018). Composition-Effects of Context-based Learning Opportunities on Students' Understanding of Energy. *Research in Science Education*, 48(4), 717–752. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9585-z>
396. Pollock, M. (2016). Smart Tech Use for Equity. *The Education Digest*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/293798689_Smart_Tech_Use_for_Equity (14/4/2026)
397. Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61–86. [https://doi.org/10.1016/s0959-4752\(01\)00016-0](https://doi.org/10.1016/s0959-4752(01)00016-0)

398. Pöllöth, B., Schwarzer, S., & Zipse, H. (2019). Student individuality impacts use and benefits of an online video library for the Organic Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 97(2), 328–337. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00647>
399. Popović, S., Bošković, D., & Krneta, M. (2018). Naučna pismenost, priručnik za nastavnike. Beograd: MPNTR i ZVKOV. Retrived from: https://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2018/04/2018_PISA-prirucnik_Naucna-pismenost.pdf (14/4/2026)
400. Poquet, O., Lim, L., Mirriahi, N., & Dawson, S. (2018). Video and learning: A systematic review (2007–2017). Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge—LAK. <https://doi.org/10.1145/3170358.3170376>.
401. Pozo, J. I., Pérez Echeverría, M. P., Cabellos, B., & Sánchez, D. L. (2021). Teaching and learning in times of COVID-19: Uses of digital technologies during school lockdowns. *Frontiers in Psychology*, 12, 656776.
402. Pradhan, S., & Madihally, S. V. (2022). Teaching process simulators during COVID-19 pandemic: Analysis on the digitalization of a dry laboratory. *Journal of Chemical Education* 99 (8): 3007–3019. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00494>
403. Pratama, H., Azman, M. N. A., Kassymova, G. K., & Duisenbayeva, S. S. (2020). The Trend in Using Online Meeting Applications for Learning During the Period of Pandemic COVID-19: A Literature Review. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 1(2), 58–68. <https://doi.org/10.46843/jiecr.v1i2.15>
404. Pritchard, A., & Woollard, J. (2010). *Psychology for the Classroom: Constructivism and Social Learning (1st ed.)*. Routledge: London
405. Pravilnik o planu i programu nastave i učenja za gimnaziju, 2020. Retrived from: <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/pg/ministarstva/pravilnik/2020/4/1/reg> (14/4/2026)
406. Pravilnik o planu i programu nastave i učenja za osmi razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja, 2019. Retrived from: <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/pg/ministarstva/pravilnik/2019/11/2/reg>(14/4/2026)
407. Pulukuri, S., & Abrams, B. (2020). Incorporating an Online Interactive Video Platform to Optimize Active Learning and Improve Student Accountability through Educational Videos. *Journal of Chemical Education*, 97(12), 4505–4514. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00855>
408. Pursell, D. P. (2009). Adapting to Student Learning Styles: Engaging Students with Cell Phone Technology in Organic Chemistry Instruction. *Journal of Chemical Education*, 86(10), 1219. <https://doi.org/10.1021/ed086p1219>
409. Pursitasari, I. D., Suhardi, E., Putra, A. P., & Rachman, I. (2020). Enhancement of Student's Critical Thinking Skill through Science Context-based Inquiry Learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 97–105. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21884>
410. Purwanto, E., & Tannady, H. (2020). The factors affecting intention to use Google Meet amid online meeting platforms competition in Indonesia. *Technology Reports of Kansai University*, 62(06), 2829-2838.
411. Purwanto A., Rahmawati Y., Rahmayanti N., Mardiah A. & Amalia R. (2022). Socio-critical and problem-oriented approach in environmental issues for students' critical thinking skills development in chemistry learning. *Journal of Technology and Science Education*, 12(1), 50. <https://doi.org/10.3926/jotse.1341>
412. Putica, K., & Trivic, 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.
413. Putica, K., Anđelković, S., & Trivić, D. (2018). The effects of employing a contextual approach to teaching organic chemistry on improving conceptual understanding and knowledge application among students of a science and mathematics high school. *Nastava i Vaspitanje*, 67(1), 75–93. <https://doi.org/10.5937/nasvas1801075p>

414. Putra, R. W. P. (2021). Improving the Students' Motivation in Learning English through Google Meet during the Online Learning. *English Learning Innovation*, 2(1), 35–42. <https://doi.org/10.22219/englie.v2i1.14605>
415. Qi, Y., C. An, C. Huang, H. L., & Zhang. H. (2024). Enhancing Critical Thinking in Vocational Chemistry Education: Active Learning Strategies in Vocational Training. *Journal of Chemical Education* 101 (11), 4892–4903. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00887>
416. Quispe-Prieto, S. C., Cavalcanti-Bandos, M. F., Caipa-Ramos, M., Paucar-Caceres, A., & Rojas-Jiménez, H. H. (2021). A Systemic Framework to Evaluate Student Satisfaction in Latin American Universities under the COVID-19 Pandemic. *Systems*, 9(1), 15. <https://doi.org/10.3390/systems9010015>
417. Rackaway, C. (2012). Video Killed the Textbook Star?: Use of Multimedia Supplements to Enhance Student Learning. *Journal of Political Science Education*, 8(2), 189–200. <https://doi.org/10.1080/15512169.2012.667684>
418. Rajeshwari K., Preetha S., Anitha H.M. (2021). Classroom to Industry: A Pathway of a Student to Be an Engineer. In: Joshi A., Khosravy M., Gupta N. (Ed.), *Machine Learning for Predictive Analysis. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 141. Springer, Singapore. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-7106-0_47
419. Ramadhani, A. S., Dewi, U., Syahnaz, M., & Kihwele, J. E. (2023). The effectiveness of using Padlet in collaborative writing based on students' perceptions. *Child Education Journal*, 5(1), 36–48. <https://doi.org/10.33086/cej.v5i1.3767>
420. Reid, N. & Skryabina, E. (2002). Attitudes Towards Physics, *International Journal Science Education*, 20(1), 67-81.
421. Reid, N. (2021). *Johnstone Triangle: The Key to Understanding Chemistry*. Royal Society of Chemistry.
422. Reinwein, J. (2011). Does the Modality Effect Exist? and if So, Which Modality Effect? *Journal of Psycholinguistic Research*, 41(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/s10936-011-9180-4>
423. Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A Cognitive Load perspective. *Educational Psychologist*, 38(1), 15–22. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3801_3
424. Rennie, L. J. (2007). Learning science outside of school. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Ed.), *Handbook of research on science education* (pp. 125–167). Lawrence Erlbaum Associates.
425. Renouard, A., & Mazabraud, Y. (2018). Context-based learning for Inhibition of alternative conceptions: the next step forward in science education. *Npj Science of Learning*, 3(1), 10. <https://doi.org/10.1038/s41539-018-0026-9>
426. Reyes, C. T., Kyne, S. H., Lawrie, G., & Thompson, C. D. (2022). Implementing blended first-year chemistry in a developing country using online resources. *Online Learning*, 26(1). <https://doi.org/10.24059/olj.v26i1.2508>
427. Richardson, V. (2003). Constructivist pedagogy. *Teachers College Record*, 105(9), 1623–1640. <https://doi.org/10.1046/j.1467-9620.2003.00303.x>
428. Rickinson, M., Sanders, D., Chillman, B., Doyle, P., & Jameson, N. (2003). *Grounds for Improvement Secondary Action Research Programme: Year 2 Report*. Hampshire, UK: Learning Through Landscapes.
429. Riebe, L., Sibson, R., Roepen D., & Meakins K. (2013). Impact of industry guest speakers on business students' perceptions of employability skills development. *Industry and Higher Education*, 27(1), 55-66. <http://dx.doi.org/10.5367/ihe.2013.0140>
430. Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Ed.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc

431. Rodemer, M., J. Eckhard, N. Graulich, & S. Bernholt. (2021). Connecting Explanations to Representations: Benefits of Highlighting Techniques in Tutorial Videos on Students' Learning in Organic Chemistry. *International Journal of Science Education*, 43 (17), 2707–2728. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1985743>
432. Rodić, D., Segedinac, M., & Rončević, T. (2020). *Methods of Teaching Chemistry I* (in Serbian), University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Novi Sad, 2020.
433. Rogoff, B. (1994). *Apprenticeship in thinking*. Oxford: Oxford University
434. Rudmann, L. C. (1994). A Review of the use and implementation of science field trips, *School Science and Mathematics*, 94(3), 138–141. <https://doi.org/10.1111/j.19498594.1994.tb15640.x>
435. Rushiana R. A., Sumarna O. & Anwar S.(2023). Efforts to develop Students' critical thinking skills in chemistry learning: systematic literature review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1425–1435. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.2632>
436. Rusli, A. (2012). Science and scientific literacy vs science and scientific awareness through basic physics lectures: A study of wish and reality. *AIP Conference Proceedings*, 169–173. <https://doi.org/10.1063/1.4730713>
437. Ryder, J. (2001). Identifying Science Understanding for Functional Scientific Literacy. *Studies in Science Education*, 36(1), 1–44. <https://doi.org/10.1080/03057260108560166>
438. Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
439. Saichaie, K. (2020), Blended, Flipped, and Hybrid Learning: Definitions, Developments, and Directions. *New Directions for Teaching and Learning*, 2020 (164), 95-104. <https://doi.org/10.1002/tl.20428>
440. Sanchez, T., Naranjo, D., Vidal, J., Salazar, D., Pérez, C., & Jaramillo, M. (2021). Analysis of academic performance based on sociograms: A case study with students from at-risk groups. *Journal of Technology and Science Education*, 11(1), 167-179. <https://doi.org/10.3926/jotse.1110>
441. Sanderson, B., & Field, J. (2018). Introduction of an online discussion forum and electronic communication practice in a tertiary-level anaesthesia department. *Journal of Hospital Administration*, 7(6), 24-29.
442. Sanger, M. J. (2005). Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing. *Journal of Chemical Education*, 82(1), 131. <https://doi.org/10.1021/ed082p131>
443. Sanromán, M. A., Pazos, M., & Longo, M. A. (2010). Efficient planning and assessment of field site visits in science and engineering undergraduate studies. Paper presented in EDULEARN10 proceedings (pp. 1839-1843). IATED
444. Santos, L. M., Grisales, D., & Rico, J. S. (2021). Percepción y Accesibilidad Tecnológica de Universitarios en el Suroeste de República Dominicana durante el Covid-19. *Revista Internacional De Educación Para La Justicia Social*, 10(1), 145–165. <https://doi.org/10.15366/riejs2021.10.1.009>
445. Santyasa, I. W., K. Agustini, & Pratiwi., N. W. E. (2021). Project based E-Learning and academic procrastination of students in learning chemistry. *International Journal of Instruction*, 14 (3), 909–928. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14353a>
446. Sarokin, D. (2019). 5 Components of Multimedia, online na adresi: <https://smallbusiness.chron.com/5-componentsmultimedia-28279.html>, (Pristupljeno 23.06.2021).
447. Sausan, I., Saputro, S., & Indriyanti, N. Y. (2020). A new chemistry multimedia: How can it help junior high school students create a good impression? *International Journal of Instruction*, 13(4), 457-476. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13429a>

448. Sawitri, D. (2020). Penggunaan Google Meet untuk work from home di era pandemi Coronavirus disease 2019 (Covid-19). *Prioritas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(01), 13–21. <https://jurnal.harapan.ac.id/index.php/Prioritas/article/view/161>
449. Saxena, S. (2015). How Do You Teach the 4Cs to Students (Part-1): Creativity and Innovation? Nioda Delhi NCR: Amity University. Retrived from: <http://edtechreview.in/trends-insights/insights/914-how-do-you-teach-the-4Cs-to-students-part-1-creativity-and-innovation> (14/4/2026).
450. Schmidt-McCormack J. A., Muniz, M. N., Keuter, E. C., Shaw, S. K. & Cole, R.S. (2017). Design and implementation of instructional videos for upper-division undergraduate laboratory courses, *Chemistry Education Research and Practic*, 18(4), 749–762.
451. Siegelman, I., & Schmuckler, J. S. (1961). The Franklin Institute Chemistry Exhibit: A design for learning. *Journal of Chemical Education*, 38(12), 597. <https://doi.org/10.1021/ed038p597>
452. Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19(4), 469–508. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-4>
453. Schweiker, S. S., Griggs, B. K., & Levonis, S. M. (2020). Engaging Health Student in Learning Organic Chemistry Reaction Mechanisms Using Short and Snappy Lightboard Videos. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3867–3871. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00619>
454. Şeker, E., & Yalçın-Çelik, A. (2023). The use of Web 2.0 Applications in Chemistry Teaching: Acids, Bases and Salts Unit. *International Journal of Educational Research Review*, 8(2), 244–256. <https://doi.org/10.24331/ijere.1231713>
455. Sepp, S., Howard, S. J., Tindall-Ford, S., Agostinho, S., & Paas, F. (2019). Cognitive Load Theory and Human Movement: Towards an Integrated Model of Working Memory. *Educational Psychology Review*, 31(2), 293–317. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09461-9>
456. Sethi, A. (2005). *Multimedia Education: Theory and Practice*. Mittal Publications.
457. Setiawati, S. (2020). Students' Perception of Using Padlet in Learning English. AL-ISHLAH: *Jurnal Pendidikan*, 12(1), 17-30. doi: <https://doi.org/10.35445/alishlah.v12i1.187>
458. Sher, A. (2009). Assessing the relationship of Student-Instructor and Student-Student interaction to student learning and satisfaction in Web-Based Online learning environment. *Journal of Interactive Online Learning*, 8(2), 102–120.
459. Shi, X., D. Mao, K. Song, H. Xiang, S. Li, & Wang, Z. (2024). Effects of Landscape Changes on Water Quality: A Global Meta-Analysis. *Water Research*, 260 (4), 121946. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121946>.
460. Schwartz, S.H. (2004) Mapping and Interpreting Cultural Differences around the World. In: Vinken, H., Soeters, J. and Ester, P., (Ed.), *Comparing Cultures, Dimensions of Culture in a Comparative Perspective* (pp. 43-73). Leiden, Brill, The Netherlands.
461. Schwartz, D., Bransford, J., & Sears, D. (2005). Efficiency and innovation in transfer. In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective* (pp. 1-51). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
462. Silverajah, V. G., & Govindaraj, A. (2018). The use of Edpuzzle to support low-achievers' development of self-regulated learning and their learning of chemistry. In *Proceedings of the 10th International Conference on Education Technology and Computers* (pp. 259–263).
463. Singh, S., & Singh, S. (2016). What is scientific literacy: A review paper. *International Journal of Academic Research and Development*, 1(2), 15-20.
464. Singh, R., & Soumya, A. (2020). Updated comparative analysis on video conferencing platforms- Zoom, Google Meet, Microsoft Teams, WebEx Teams, and GoToMeeting. EasyChair: The World for Scientists, 1–9. <https://easychair.org/publications/preprint/Fq7T>

465. Sivan, A., Wong Leung, R., Woon, C., & Kember, D. (2000). An implementation of active learning and its effect on the quality of student learning. *Innovations in Education & Training International*, 37(4), 381–389. <https://doi.org/10.1080/135580000750052991>
466. Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2010). *The ROSE Project. An Overview and Key Finding*; Naturfagsenteret: Oslo, Norway, 1–31.
467. Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In Y. Dori, Z. Mevarech and D. Baker (Ed.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education. Innovations in science education and technology* (pp. 65-88). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4
468. Sjöström, J., Eilks, I., & Talanquer, V. (2020). Didaktik models in Chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 910–915. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01034>
469. Sjöström, J., Yavuzkaya, M., Guerrero, G., & Eilks, I. (2024). Critical chemical literacy as a main goal of chemistry education aiming for climate empowerment and agency. *Journal of Chemical Education*. 101 (10), 4189–4195. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.4c00452>
470. Sjöström, J., & Talanquer, V. (2014). Humanizing Chemistry Education: From simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1125–1131. <https://doi.org/10.1021/ed5000718>
471. Skok, P. (2002). *Izvanučionička nastava*. Zagreb: Pedagoški servis
472. Sliwka, H-R. (2003). Reform of chemical language as a model for spelling reform. *Journal of the Simplified Spelling Society*, 32, 24–28.
473. Slovinsky, E., Kapanadze, M., & Bolte, C. (2021). The effect of a Socio-Scientific Context-Based science teaching program on motivational aspects of the learning environment. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 17(8), 1-16. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11070>
474. Smyth, R. (2011). Enhancing learner–learner interaction using video communications in higher education: Implications from theorising about a new model, *British Journal of Educational Technology*, 42(1), 113-127.
475. Solomon, J. (1993). *Teaching Science, Technology & Society*. Open University Press, Philadelphia, CA.
476. Sosu, E. M. (2012). The development and psychometric validation of a critical thinking disposition scale. *Thinking Skills and Creativity*, 9(3), 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2012.09.002>
477. Stains, M., & Talanquer, V. (2007). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: An analysis of student thinking, *International Journal of Science Education*, 29(5), 643-661. <https://doi.org/10.1080/09500690600931129>
478. Staker, H., & Horn, M. B. (2012). *Classifying K-12 Blended Learning*. Mountain View, CA: Innosight Institute.
479. Stašević, F., Miletić, N., Đurđević-Nikolić, J., & Gutman, I. (2023). Do Serbian high school students possess knowledge of basic chemical facts related to real life as a prerequisite for chemical literacy? *Journal of the Serbian Chemical Society*, 88(3), 343–354. <https://doi.org/10.2298/jsc211126083s>
480. Stec, M., Smith, C., & Jacox, E. (2020). Technology enhanced teaching and learning: Exploration of faculty adaptation to iPad delivered curriculum. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(3), 651-665.
481. Stieff, M., Ryu, M., Dixon, B. L., & Hegarty, M. (2012). The role of spatial ability and strategy preference for spatial problem solving in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89, 854 – 859. doi:10.1021/ed200071d

482. Stolz, M., Witteck, T., Marks, R., & Eilks, I. (2014). Reflecting Socio-Scientific Issues for Science Education Coming from the Case of Curriculum Development on Doping in Chemistry Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 9(4), 361-370. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.945a>
483. Storksdieck, M. (2006). Field trips in environmental education. Berliner Wissenschafts-Verlag
484. Stuckey, M., A. Hofstein, R. Mamlok-Naaman, & 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. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.802463>
485. Sumarni W. & Kadarwati S., (2020), Ethno-Stem Project-Based Learning: Its impact to critical and creative thinking skills, *Jurnal Pendidikan IPA Indones.*, 9(1), 11–21. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21754>
486. Sung, E., & Mayer, R. E. (2013). Online multimedia learning with mobile devices and desktop computers: An experimental test of Clark's methods-not-media hypothesis. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.10.022>
487. Susanti, D., Permanasari, A., & Hernani, H. (2019). Preliminary study on students' chemical literacy level as the basis of developing NOSI learning model in acid base concepts. *Journal of Physics Conference Series*, 1157 (4), 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042035>
488. Sweller, J. (1993). Some Cognitive Processes and Their Consequences for the Organisation and Presentation of Information. *Australian Journal of Psychology*, 45, 1-8. <https://doi.org/10.1080/00049539308259112>
489. Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learn. Instruct.* 4, 295–312. doi: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
490. Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load, *Educational Psychology Review*, 22, 123–138. doi: 10.1007/s10648-010-9128-5
491. Sweller, J. (2023). The development of cognitive load theory: replication crises and incorporation of other theories can lead to theory expansion. *Educational Psychology Review*, 35(4), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09817-2>
492. Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*, Vol. 1. New York, NY: Springer.
493. Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2, 59–89. doi: 10.1207/s1532690xci0201_3
494. Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design, *Educational Psychology Review*, 10, 251–296
495. Šiljković, Ž. (2011). *Industrijska geografija*, Sveučilište u Zadru, Zadar
496. Šišović, D. & Bojović, S. (1999). Stavovi učenika prvog razreda gimnazije prema nastavi hemije. *Nastava i vaspitanje*, 48(3-4), 352-364.
497. Šišović, D. D., Jankov, R. M., & Zindović-Vukadinović, G. R. (2004). Standardi za učenička postignuća u nastavi hemije-I deo. *Nastava i vaspitanje*, 53(2-3), 168-179
498. Taber, K. S. (2002). *Alternative Conceptions in Chemistry: Prevention Diagnosis and Cure?* London: The Royal Society of Chemistry.
499. Taber, K.S. (2009). Learning at the Symbolic Level. In: Gilbert, J.K., Treagust, D. (Ed.) *Multiple Representations in Chemical Education. Models and Modeling in Science Education* (pp-75-105), Vol 4. Springer, Dordrecht.
500. Taber, K. S. (2013). Three levels of chemistry educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 151–155. <https://doi.org/10.1039/c3rp90003g>

501. Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's Alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
502. Tal, T., & Morag, O. (2009). Reflective practice as a means for preparing to teach outdoors in an ecological garden. *Journal of Science Teacher Education*, 20(3), 245-262. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9131-1>
503. Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet." *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
504. Talib, C.A., Baharuddin, N.S., Ali, M., Ng, K.T., Zawadzki, R., & Aliyu, H. (2017). Video-Based Learning In Chemistry Education: Exemplars, Issues And Challenges, *Learning Science And Mathematics*, 12, 1-17.
505. Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 424–436. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.80.4.424>
506. Taylor, J.G. (2005). A Review of Cognitive Processing in the Brain. In: Duch, W., Kacprzyk, J., Oja, E., Zadrozny, S. (Ed.), *Artificial Neural Networks: Biological Inspirations – ICANN 2005*. (pp. 97–102). Springer, Berlin, Heidelberg
507. Taylor, P.C. (2015). Constructivism. In: Gunstone, R. (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.218-224). Springer, Dordrecht.
508. Teppo, M., & Rannikmäe, M. (2008). Paradigm shift for teachers: More relevant science teaching. In J. Holbrook, M. Rannikmäe, P. Reiska, & P. Ilsley (Ed.), *The need for a paradigm shift in science education for post-Soviet societies* (pp. 25–46). Germany, Peter Lang Verlag.
509. Terhart, E. (2001). *Metode poučavanja i učenja: uvod u probleme metodičke organizacije poučavanja i učenja*. Zagreb: Educa
510. Teshager, G., Bishaw, A., & Dagnew, A. (2021). Context-based teaching and learning practices in upper primary science classrooms in East Gojjam administrative Zone, Ethiopia. *Cogent Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2021.1940635>
511. Thomas, T. A. (2011). Developing first year students' critical thinking skills *Asian Social Science*, 7(4):26-35. <https://doi.org/10.5539/ass.v7n4p26>
512. Thom-Santelli, J., & Millen, R.D. (2009). *Learning by seeing: photo viewing in the workplace*. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09) (pp. 2081–2090). Association for Computing Machinery, New York, USA. <https://doi.org/10.1145/1518701.1519017>
513. Thomson, S., Hillman, K., & De Bortoli, L. J. (2014). *A Teacher's Guide to PISA Scientific Literacy*. Camberwell, Victoria: ACER Press
514. Thornhill-Miller, B., A. Camarda, M. Mercier, et al.(2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: assessment, certification, and promotion of 21st century skills for the future of work and education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
515. Thorne, K. (2003). *Blended Learning: How to Integrate Online & Traditional Learning*. Kogan Page Publishers
516. Thummathong, R., & Thathong, K. (2018). Chemical literacy levels of engineering students in Northeastern Thailand. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(3), 478–487.
517. Tierney, J., Bodek, M., Fredricks, S., Dudkin, E., & Kistler, K. (2014). Using Web-Based Video as an assessment tool for student performance in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(7), 982–986. <https://doi.org/10.1021/ed400195c>
518. Topping, K. J. (2009). Peer Assessment. *Theory Into Practice*, 48(1), 20–27. <https://doi.org/10.1080/00405840802577569>

519. Torres-Martín, C., Acal, C., El-Homrani, M., & Mingorance-Estrada, Á. C. (2022). Implementation of the flipped classroom and its longitudinal impact on improving academic performance. *Educational Technology Research and Development*, 70(3), 909–929. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10095-y>
520. Treagust, D. F. & Chittleborough, G. (2001). Chemistry: A matter of understanding representations. In: Brophy, J. (Ed.). *Subject-specific instructional methods and activities* (pp. 239–267). Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
521. Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons.
522. Trivić, D. & Stevanović, J. (2012). Jezička i naučna pismenost: preduslov za efikasno učenje [Linguistic and scientific literacy: prerequisite for effective learning]. U J. Šefer, J. Radišić (ur.), *Stvaralaštvo, inicijativa i saradnja – Implikacije za obrazovnu praksu*, II deo (str. 159–186). Institut za pedagoška istraživanja.
523. Trivić, D. (2013). *Teme iz metodike nastave hemije, priručnik za nastavnike hemije*. Beograd: Klett.
524. Truitt, A. A., & Ku, H. (2018). A case study of third grade students' perceptions of the station rotation blended learning model in the United States. *Educational Media International*, 55(2), 153–169. <https://doi.org/10.1080/09523987.2018.1484042>
525. Tsai, C. C. (2000). Enhancing science instruction: the use of conflict maps'. *International journal of science education*, 22(3), 285-302.
526. Tsapralis, G. (2000). The states-of-matter approach (SOMA) to introductory chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 161-168. <http://dx.doi.org/10.1039/a9rp90017a>
527. Tuckey, C. J. (1992). Schoolchildren's reactions to an interactive science center. *Curator*, 35(1), 28-35.
528. Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M., & Osman, K. (2012). Fostering the 21st Century Skills through Scientific Literacy and Science Process Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 110–116. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.253>
529. Tytler, R. (2007). *Re-imagining science education: Engaging Students in Science for Australia's Future*. Acer Press.
530. Ültay, N., & Çalık, M. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686-701. doi:10.1007/s10956-011-9357-5
531. Utami, B., Saputro, S., Ashadi, A., Masykuri, M., & Widoretno, S. (2017). Critical thinking skills profile of high school students in learning chemistry. *International Journal of Science and Applied Science Conference Series*, 1(2), 124. <https://doi.org/10.20961/ijsascs.v1i2.5134>
532. Uzzell, D., Rutland, A., & Whistance, D. (1995). Questioning values in environmental education. In Guerrier, Y., Alexander, N., Chase, J., & O'Brien, M. (Ed.). *Values and environment: A social science perspective* (pp. 171–182). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
533. Vaino, K., Holbrook, J. & 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. <http://doi.org/10.1039/C2RP20045G>
534. Van der Keylen, P., Lippert, N., Kunisch, R., Kühlein, T., & Roos, M. (2020). Asynchronous, digital teaching in times of COVID-19: a teaching example from general practice. *PubMed*, 37(7), 1-8. <https://doi.org/10.3205/zma001391>
535. Van Dijk-Wesselijs, J., Maas, J., Hovinga, D., Van Vugt, M., & Van Den Berg, A. (2018). The impact of greening schoolyards on the appreciation, and physical, cognitive and social-emotional well-being of schoolchildren: A prospective intervention study. *Landscape and Urban Planning*, 180, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.003>

536. Van Dulmen, T. H., Visser, T. C., Pepin, B., & McKenney, S. (2022). Teacher and student engagement when using learning materials based on the context of cutting-edge chemistry research. *Research in Science & Technological Education*, 41(4), 1617–1638. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2070147>
537. Van Eijck, M., & Roth, W. (2010). Theorizing scientific literacy in the wild. *Educational Research Review*, 5(2), 184–194. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.03.002>
538. Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147–177. <https://doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0>
539. Velázquez-Marcano A., Williamson V. M., Ashkenazi G., Tasker R. & Williamson K. C.(2004). The use of video demonstration and particulate animation in general chemistry, *Journal of Science Education and Technology*, 13, 315–323.
540. Ven, M. L., & Tsai, C. (2006). University Students' Perceptions of and Attitudes Toward (Online) Peer Assessment. *Higher Education*, 51(1), 27–44. <https://doi.org/10.1007/s10734-004-6375-8>
541. Videnović, M., Čaprić, G. (2020). *PISA 2018 Izveštaj za Republiku Srbiju*. Beograd: Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
542. Vigotski, L. S. (1996). *Obras escogidas: psicología infantil*. Tomo IV, Trad, Lydia Kuper. Madrid. Visor.
543. Virginia Department of Education. (2010). *Science standards of learning for Virginia public schools*. Richmond, Virginia Board of Education.
544. Vogelzang, J., Admiraal, W. F., & Van Driel, J. H. (2021). Scrum methodology in context-based secondary chemistry classes: effects on students' achievement and on students' perceptions of affective and metacognitive dimensions of their learning. *Instructional Science*, 49(5), 719–746. <https://doi.org/10.1007/s11251-021-09554-5>
545. Vural, O.F. (2013). The Impact of a Question-Embedded Video-Based Learning Tool on E-Learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 13(2), 1315-1323.
546. Wan, K. (2009). A brief history of context. *International Journal of Computer*, 6 (2), 33-43.
547. Wang, C., P. Chen, J. Wang, & Ling, Y. (2021). Rigorous evidence and reasoning or not? A demonstration of iron corrosion to induce students' critical thinking. *Journal of Chemical Education*, 98 (5), 1718–1725. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01335>
548. Wankel, C., & Blessinger, P. (2013). *Increasing student engagement and retention in E-Learning environments: Web 2.0 and Blended Learning Technologies*, Emerald Group Publishing.
549. Watters, J. J., & Diezmann, C. M. (2007). Multimedia resources to bridge the praxis gap: Modeling Practice in Elementary Science Education. *Journal of Science Teacher Education*, 18(3), 349–375. <https://doi.org/10.1007/s10972-007-9051-x>
550. Waycott, J., & Kennedy, G. (2009). Mobile and web 2.0 technologies in undergraduate science: Situating learning in everyday experience, ASCILITE 2009 - The Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, pp. 1085-1095.
551. Weller, M. (2007). *Virtual learning environments: Using, Choosing and Developing Your VLE*. Routledge.
552. Weller, A. (2013). The use of Web 2.0 technology for pre-service teacher learning in science education. *Research in Teacher Education*, 3(2), 40-46. <https://doi.org/10.15123/uel.85w24>
553. Wikandari, R., Putro, A. W., Suroto, D. A., Purwandari, F. A., & Setyaningsih, W. (2021). Combining a flipped learning approach and an animated video to improve First-Year undergraduate students' understanding of electron transport chains in a biochemistry course. *Journal of Chemical Education*, 98(7), 2236–2242. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01477>
554. Williams, D. P., & Lo Fan Hin, S. (2017). Measuring the Impact of Context and Problem Based Learning Approaches on Students' Perceived Levels of Importance of Transferable &

- Workplace Skills. *New Directions in the Teaching of Natural Sciences*, 12(1), 1-8. <https://doi.org/10.29311/ndtps.v0i12.851>
555. Wilson, M. (2011). Field Trip Fundamentals. *Educational Digest*, 76(6), 63-64.
556. Wilson, L. G. M. (2015). The importance of critical thinking, verbal reasoning and mathematics in teaching chemistry in the 21st century. *Modern Chemistry and Applications* 3 (3): 1-2. <https://doi.org/10.4172/2329-6798.1000e121>
557. Winne, P., & Hadwin, A. (2010). Self-Regulated Learning and Socio-Cognitive Theory. In *Elsevier eBooks* (pp. 503–508). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-044894-7.00470-x>
558. Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24(4), 345–376. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2404_2
559. Wood, D. F. (2003). Problem based learning. *BMJ*, 326 (7384), 328–330. <https://doi.org/10.1136/bmj.326.7384.328>
560. Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308–327. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1420266>
561. Yager, R.E., Weld, J.D. (1999). Scope, sequence and coordination: The Iowa Project, a national reform effort in the USA. *International Journal of Science Education*, 21(2), 169-194
562. Yakmaci-Guzel, B. (2013). Preservice chemistry teachers in action: an evaluation of attempts for changing high school students' chemistry misconceptions into more scientific conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(1), 95–104. <https://doi.org/10.1039/c2rp20109g>
563. Yang, Y. C., & Wu, W. (2012). Digital storytelling for enhancing student academic achievement, critical thinking, and learning motivation: A year-long experimental study, *Computers & Education*, 59(2), 339–352. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.012>
564. Yapici, Ü. (2022). The experiences of biology education master students in web 2.0 content development. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 5(2), 336–352. <https://doi.org/10.31681/jetol.1086146>
565. Yaseen, Z. (2018). Using student-generated animations: the challenge of dynamic chemical models in states of matter and the invisibility of the particles. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1166–1185. <https://doi.org/10.1039/c8rp00136g>
566. Ye, S., Hartmann, R., Söderström, M., Amin, M. A., Skillinghaug, B., Schembri, L. S., & Odell, L. R. (2020). Turning Information Dissipation into Dissemination: Instagram as a Communication Enhancing Tool during the COVID-19 Pandemic and Beyond. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3217–3222. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00724>
567. Yeşiloğlu, S. N., Gençer, S., Ekici, F., & Isik, B. (2021). Examining Pre-Service Teachers' Views about Online Chemistry Laboratory Learning Experiences Amid the COVID-19 Pandemic. *Journal of Turkish Science Education*, 18, 108-124.
568. Yousef, A.M., Chatti, M.A., & Schroeder, U. (2014). The State of Video-Based Learning: A Review and Future Perspectives. *Advances in life sciences*, 6 (3,4) 122-135.
569. Youssef, M. (2022). Assessing the Use of Kahoot! in an Undergraduate General Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 1118–1124. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00799>
570. Yu, K. C., Fan, S. C., & Lin, K. Y. (2015). Enhancing students' problem-solving skills through context-based learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1377–1401.
571. Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377. <https://doi.org/10.1002/sci.20048>

572. Zhang, D., Zhao, J. L., Zhou, L., & Nunamaker, J. F. (2003). Can e-learning replace classroom learning? *Communications of the ACM*, 47(5), 75–79. <https://doi.org/10.1145/986213.986216>
573. Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O., & Nunamaker, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & Management*, 43(1), 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>
574. Zidny, R., Eilks, I., & Laraswati, A. N. (2022). A case study on students' application of chemical concepts and use of arguments in teaching on the Sustainability-Oriented chemistry issue of pesticides use under inclusion of different scientific worldviews. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 17(7), 1981. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10979>
575. Ziegert, A. L., & McGoldrick, K. (2008). When Service is Good for Economics: Linking the Classroom and Community through Service-Learning. *International Review of Economics Education*, 7(2), 39–56. [https://doi.org/10.1016/s1477-3880\(15\)30090-6](https://doi.org/10.1016/s1477-3880(15)30090-6)
576. Zmbok, A. (2012). Razlika između hibridne i klasične nastave. Retrieved from: <https://anazambok.wordpress.com/2012/01/12/hello-world/> (5/10/2025)
577. Zogas, S., Kolokathi, A., Birbas, K., Chondrocoukis, G., & Mantas, J. (2016). The E-Learning Effectiveness versus Traditional Learning on a Health Informatics Laboratory course. *Studies in Health Technology and Informatics*, 226, 109–112. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27350479>
578. Zoller, U. (1990). Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1053–1065. <https://doi.org/10.1002/tea.3660271011>

7. ПРИЛОГ

ПРИЛОГ 1 – УПИТНИК

Поштоване колегинице и колеге,

Молимо Вас да на следећа питања одговорите искрено. Ово истраживање се спроводи у циљу прикупљања података о реализацији садржаја индустријске хемије, примењене хемије и наставе изван учионице ради унапређивања тог вида наставе хемије. Подаци прикупљени овим путем биће искоришћени искључиво у ту сврху. Испитивање је анонимно, а Ваша искреност ће бити од велике користи. Унапред Вам се захваљујемо на уложеном труду.

Катедра за наставу хемије
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

А. Општи подаци о наставнику, школи и наставној пракси.

У зависности од типа питања, одаберите одговарајући одговор или упишите тражене податке.

1. Пол
а) Мушки б) Женски
2. Колико година имате?
а) < 25 б) 26-40 в) 41-50 г) >50
3. У којој школи радите? :
а) основној школи б) средњој школи в) у основној и средњој школи
4. Ком типу насеља припада место у коме се налази школа у којој радите?
а) град б) село в) приградско насеље
5. Последњи завршени ниво Вашег образовања је:
а) основне академске студије б) мастер
в) специјализација, магистратура, докторат
6. Наведите назив, место факултета и смер који сте завршили (основне академске студије):
а) Факултет:
б) Место факултета:
в) Смер/студијски програм:

7. На линијама поред наведених наставних предмета (курсева) које сте похађали и полагали на студијама наведите знак „+“:

- а) Психологија _____
- б) Педагогија _____
- в) Филозофија природних наука _____
- г) Методика наставе хемије _____
- д) Школски огледи у настави хемије _____
- ђ) Школска пракса _____

8. Колико дуго радите у образовању?

- а) ≤ 5 година б) 6-15 година в) 16-25 година г) 26-35 година д) >35 година

9. Разлог због ког сте се определили за ову професију је:

- а) Изабрао/ла сам ову професију зато што волим наставнички позив и рад са децом.
- б) Желео/ла сам нешто друго али нисам имао/ла услова да упишем жељени факултет, вишу или високу школу.
- в) У тренутку избора није било факултета, више или високе школе који су ми били привлачнији.
- г) Чинило ми се да је овај факултет, вишу или високу школу лакше завршити него неки други.
- д) То је била жеља мојих родитеља.
- ђ) Бирао/ла сам професију према могућностима за запослење.

10. Часове хемије најчешће реализујете у:

- а) Учионици која није намењена за наставу хемије
- б) Учионици намењеној за наставу хемије

11. Да ли у склопу Ваше учионице за хемију имате могућности за лабораторијски рад?

- а) Да б) Не

12. Да ли изводите све лабораторијске вежбе и демонстрационе експерименте предвиђене наставним програмом хемије ?

- а) Да б) Не

13. Разлог неизвођења лабораторијских вежби и демонстрационих експеримената предвиђених наставним програмом хемије је:

- а) недостатак апарата и инструмената
- б) недостатак простора
- в) недостатак супстанци, лабораторијског прибора и посуђа
- г) све наведено

14. Релевантност хемије за ученика током наставе хемије предочавам (Можете одабрати више одговора):

- а) анализирањем студија случаја друштвених проблема
- б) учењем хемије у контексту свакодневног живота
- в) учењем хемије у контексту професионалних делатности
- г) учењем хемије у контексту индустријске производње
- в) истицањем значаја науке за појединца
- г) истицањем значаја науке за друштво
- д) не бавим се тим питањем

22. Означите садржаје којима најмање посвећујете пажњу на часовима.

Боје и пигменти	Напредни структурни материјали	Циркуларна економија индустријске хемије	Креч
Биоматеријали	Графен, угљеничне цеви и фулерени	Производња технички важних гасова	Гипс
Суперпроводници	Биотехнологија	Добијање амонијака Хабер-Бошовим поступком	Цемент
Иновативна легура – метално стакло	Рециклажни отпад	Индустријско добијање натријум-карбоната и калијум-нитрата	Бетон
Композитни материјали	Биоремедијација	Производња неорганских киселина и база	Стакло
Фотонични материјали	Принципи индустријског добијања	Производња органских киселина	Керамика и порцелан
Биополимерни материјали	Добијање гвожђа у Високој пећи	Грађевински материјали	Вода за градску употребу и њена прерада
Амбалажа	Добијање алуминијума из боксита	Ђубрива	Ватростални материјали
Експлозививи	Хартија и целулоза	Индустријски отпад	Прехрамбена индустрија

23. Означите садржаје којима би требало посветити пажњу на часовима хемије:

- а) енергетика
- б) рударство
- в) металургија
- г) металопрерађивачка индустрија
- д) машинска индустрија
- ђ) електроиндустрија
- е) тешка индустрија
- ж) лака индустрија – средства за личну хигијену, лекови и супстанце за домаћинство
- з) индустрија грађевинског материјала
- и) прехранбена индустрија
- ј) дрвна индустрија
- к) дуванска индустрија
- л) текстилна индустрија
- љ) индустрија коже и обуће
- м) индустрија гуме

В. Ставови наставника о хемији и настави изван учионице

У зависности од типа питања, одаберите одговарајући одговор или упишите тражене податке.

24. Колико пута током школске године примењујете наставу изван учионице (не узимати у обзир период реализације наставе током пандемије COVID-19)?

- а) 0 пута б) 1-2 пута в) 3-4 пута г) 5-6 пута д) више од 6 пута

25. Сматрате ли да би требало с ученицима више реализовати наставу изван учионице (посете фабрикама, специјализованим лабораторијама...)?

- а) Да б) Не

26. Садржаји из индустријске хемије и примењене хемије остварени путем наставе изван учионице су:

- а) корисни и занимљиви
- б) корисни али незанимљиви
- в) некорисни али занимљиви
- г) некорисни и незанимљиви

27. Садржаји индустријске и примењене хемије у оквиру наставе изван учионице:

- а) веома доприносе разумевању хемијских појмова
- б) умерено доприносе разумевању хемијских појмова
- в) мало доприносе разумевању хемијских појмова
- г) ни мало не доприносе разумевању хемијских појмова

28. Који се наставни садржаји хемије могу реализовати наставом изван учионице ?

29. Пред вама је део упитника који испитује у којој мери се слажете са наведеним исказима. Означите одговор на Ликертовој петостепеној скали (1- Не слажем се; 2-Слажем се у мањој мери; 3-Делимично се слажем; 4-Слажем се у већој мери; 5-Слажем се у потпуности).

Исказ	1	2	3	4	5
Моји ученици радо уче хемију.					
У наставној пракси примењујем различите методе и облике рада.					
Настава изван учионице је важан део васпитања и образовања ученика.					
Настава изван учионице олакшава међупредметно повезивање садржаја хемије и других предмета.					
Наставом изван учионице лако се остварују исходи наставног предмета - хемија.					
Настава изван учионице је релевантна за ученике, за друштво и професионалну оријентацију.					
Наставом изван учионице може се обезбедити директан доживљај индустријског окружења.					
Контекст индустријске (примењене) хемије може заинтересовати ученике за учење хемије.					
Настава изван учионице омогућава да ученици сагледају примену науке у стварним ситуацијама.					

30. Пред вама је део упитника који испитује у којој мери се слажете са наведеним исказима. Означите одговор на Ликертовој петостепеној скали (1-Не слажем се; 2-Слажем се у мањој мери; 3-Делимично се слажем; 4-Слажем се у већој мери; 5-Слажем се у потпуности).

Исказ	1	2	3	4	5
Пре извођења наставе изван учионице упознајем окружење које ће бити посећено.					
Пре извођења наставе изван учионице ученицима саопштавам циљ овог вида наставе.					
Пре извођења наставе изван учионице ученицима дајем информације о временској димамици током овог вида наставе.					
Пре извођења наставе изван учионице ученицима дајем информације о активностима које ће имати током овог вида наставе.					
Активности ученика током наставе изван учионице усклађујем са циљевима наставног плана и програма хемије.					
Током планирања наставе изван учионице сарађујем са локалном заједницом.					
Трудим се да активностима у оквиру наставе изван учионице ученици повезују претходно стечено знање с искуством које стичу посетом.					
Планирам активности за наставу изван учионице повезане са савременим проблемима.					
Планирам активности за наставу изван учионице које укључују експерте различитих области.					
Примењујем различите стратегије и методе учења у реализацији наставе изван учионице					
За потребе наставе изван учионице креирам радне материјале које ученици користе током реализације овог вида наставе.					
У настави изван учионице редовно планирам да ученици бележе своја запажања.					

Након завршених активности наставе изван учионице по повратку у школу проверавам радне материјале ученика.					
Након завршених активности наставе изван учионице по повратку у школу, са ученицима разговарам о организованој настави и искуству.					
Након завршених активности наставе изван учионице проверавам степен стеченог знања ученика.					

31. Пред вама је део упитника који испитује у којој мери се слажете са наведеним исказима. Означите одговор на Ликертовој четворостепеној скали (1 - не слажем се; 2 - делимично се слажем; 3 – слажем се у потпуности; 4- немам мишљење)

Исказ	1	2	3	4
Настава изван учионице повећава мотивацију ученика.				
Настава изван учионице повећава мотивацију за учење хемије.				
Настава изван учионице повећава мотивацију наставника за рад.				
Настава изван учионице унапређује односе између наставника и ученика.				
Настава изван учионице доприноси формирању квалитетнијих знања.				
Настава изван учионице доприноси формирању трајнијих знања.				
Настава изван учионице утуче да ученици лако усвајају нова знања.				
Настава изван учионице доприноси развоју стваралачких способности ученика.				
Настава изван учионице доприноси развоју способности управљања сопственим учењем.				
Настава изван учионице развија истраживачки дух ученика.				
Настава изван учионице омогућује да ученици сагледају узрочно-последичне везе у оквиру посматране појаве и/или процеса.				
Настава изван учионице унапређује способност ученика да планирају посету.				
Настава изван учионице развија вештине сарадње и за тимски рад.				
Настава изван учионице доприноси развијању свести о потенцијалним опасностима радних				

места и одговорности.				
Настава изван учионице јача вештине и способности сналажења у различитим ситуацијама свакодневног живота.				
Настава изван учионице развија логичко, критичко, дивергентно и стваралачко мишљење.				

32. Пред вама је део упитника који испитује у којој мери се слажете са наведеним исказима. Означите одговор на Ликертовој четворостепеној скали (1 - не слажем се; 2 - делимично се слажем; 3 – слажем се у потпуности; 4- немам мишљење).

Исказ	1	2	3	4
Финансијске потешкоће.				
Подршка школе.				
Планирање и припремање наставе изван учионице.				
Вештине наставника за управљање активностима током реализације овог облика наставе.				
Прилагођавање школског распореда када се овај вид наставе изводи радним даном.				
Локализација – познавање места које се посећује.				
Сигурност ученика у новој околини и свим активностима.				
Временске прилике ове врсте наставе/учења.				

ПРИЛОГ 2 – УПИТНИК

Поштовани ученици,

Молимо Вас да на следећа питања одговорите искрено. Ово истраживање се спроводи у циљу прикупљања података о настави индустријске хемије, примењене хемије и наставе изван учионице ради унапређивања тог вида наставе хемије. Подаци прикупљени овим путем биће искоришћени искључиво у ту сврху. Испитивање је анонимно, а Ваша искреност ће бити од велике користи. Унапред Вам се захваљујемо на уложеном труду.

Катедра за наставу хемије
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

1. Пред вама је део упитника који испитује у којој мери се слажете са наведеним исказима. Означите одговор на Ликертовој петостепеној скали (1-Не слажем се; 2-Делимично се не слажем; 3-Немам мишљење; 4-Делимично се слажем; 5-Слажем се).

Исказ	1	2	3	4	5
Волим да учим хемију.					
Радо идем на часове хемије.					
Садржаји индустријске и примењене хемије су занимљиви за учење.					
Садржаји индустријске и примењене хемије су лако разумљиви.					
На часовима хемије посвећујемо пажњу садржајима који се односе на индустријску и примењену хемију.					
Садржаји индустријске и примењене хемије су у уџбеницима хемије мало заступљени.					
Садржаји о индустријским производним процесима и употреби хемијских производа треба да су више заступљени у настави хемије					
Знања из индустријске и примењене хемије су релевантна за мене у свакодневном животу.					
Знања из индустријске и примењене хемије су релевантна за живот у савременом друштву.					
Знања која стичем на часовима хемије, а односе на област индустријске и примењене хемије важна су за бригу о очувању здравља и животне средине.					
Знања која стичем на часовима хемије, а односе на област индустријске и					

примењене хемије помажу ми да разумем повезаност индустријске хемије, примењене хемије и животне средине.					
Учење хемијске терминологије која је у вези с индустријском и примењеном хемијом може ми помоћи да се снађем у реалним ситуацијама свакодневице.					
Знања из индустријске и примењене хемије су релевантна за избор професије у будућности.					
Учење хемије кроз индустријску посету (уживо/online) повећава моје интересовање да учим хемију.					
Хемија се може боље разумети ако се настава хемије изводи у оквиру (уживо/online) индустријске посете.					
Експерти различитих професија укључени током индустријске посете (уживо/online) повећавају мотивацију за учење хемије.					
Разговор ученика с експертима различитих професија укљученим у наставу хемије током индустријске посете (уживо/online) могу да допринесу одабиру будуће професије ученика.					
Експерти различитих професија укључени у наставу током индустријске посете (уживо/online) доприносе бољим постигнућима у решавању проблемских ситуација са којим се сусрећемо током свакодневног живота.					

1. Због чега су знања о индустријској и примењеној хемији важна у образовању?

2. Одабери садржаје којима би требало посветити више пажње на часовима хемије (Можете одабрати више од једног одговора):

- а) енергетика
- б) рударство
- в) металургија
- г) металоперађивачка индустрија
- д) машинска индустрија
- ђ) електроиндустрија
- е) тешка индустрије
- ж) лака индустрија – средства за личну хигијену, лекови и супстанце за домаћинство

- з) индустрија грађевинског материјала
- и) прехранбена индустрија
- ј) дрвна и дуванска индустрија
- к) текстилна индустрија
- л) индустрија коже, обуће и гуме

3. Да ли знате шта се данас производи у хемијској индустрији Републике Србије. Одаберите један одговор: ДА НЕ

4. Шта ти је познато да се данас производи у хемијској индустрији у Републици Србији?

5. Да ли знате да наведете индустријски производни процес који сте видели током школовања. Одаберите један одговор: ДА НЕ

6. Које производне процесе си видео/ла током школовања?

7. Да ли знате да наведете државе које су највећи индустријски произвођачи и њихове индустријске производе? Одаберите један одговор: ДА НЕ

8. За које земље у свету знаш да су највећи произвођачи и којих производа?

9. Да ли индустријски производни процеси, и производи хемијске индустрије утичу на квалитет животне средине? Одаберите један одговор: ДА НЕ

10. Наведите на који начин индустријски производни процеси и производи хемијске индустрије утичу на квалитет животне средине. Обухватите и позитивне и негативне ефекте.

ПРИЛОГ 3 – ПРЕ-И ПОСТ-ТЕСТ

1. Разврстај примере у првој колони на елементе, једињења и смеше уписивањем знака + у одговарајуће поље у табели.

	Елемент	Једињење	Смеша
а) Морска вода			
б) Дејонизована вода			
в) Кишница			
г) Чесменска вода			
д) Водоник			
е) Кисеоник			

За које примере ниси био/била сигурна шта су?

2. Заокружи слово испред тачног одговора.

Чесменска вода је:

- а) засићен раствор
- б) незасићен раствор
- в) презасићен раствор

3. Повежи примере вода у природи са агрегатним стањем у којем су оне у природи писањем слова на одговарајућој линији.

- а) водена пара у атмосфери _____ гасовито агрегатно стање
- б) изворска вода _____
- в) вода у језерима _____ течном агрегатном стању
- г) подземна вода _____
- д) ледник _____ чврсто агрегатно стање

4. На једну металну плочицу је додато неколико капи минералне воде, на другу неколико капи кишнице и на трећу неколико капи чесменске воде. Плочице су затим загреване док вода са њих није испарила. Објасни на који начин се може утврдити на којој су плочици пре загревања биле капи кишнице.

Објашњење:

5. Заокружи слово испред тачног одговора. Којим се од наведених поступака од тврде воде може добити мека вода?

- а) кристализацијом
- б) дестилацијом
- в) филтрацијом
- г) декантовањем

6. Прерадом воде из природе добија се вода за пиће. Овај поступак се састоји из неколико процеса. У даљем тексту су описани ови процеси.

А) Рангирај описане процесе прераде воде у низ од почетног до последњег тако што ћеш на линији испред описа првог процеса написати најмањи број, а на линији испред описа последњег процеса највећи.

___ **Пропуштање воде кроз решетке и просејавање** - задржавање крупније нечистоће (која плута) и ситне нечистоће (отпадака).

___ **Флокулација и бистрење (одливање) воде** - додавање супстанци с којима неки састојци воде граде нерастворне супстанце које се таложу у базенима за прераду воде.

___ **Цеђење кроз песак** – задржавање чврстих супстанци, вода постаје бистрија.

___ **Озонизација или прехлорисање** – уништавање већине вируса и бактерија, разградња супстанци од којих потичу непријатан мирис и укус воде.

___ **Цеђење кроз активни угаљ** – уклањање последњих нечистоћа – микроорганизми и растворене супстанце.

___ **Хлорисање** – разарање ћелија преосталих микроорганизама и обезбеђивање доброг квалитета воде.

Б) Цеђење воде кроз слој шљунка и песка један је од поступка прераде воде у водоводу. ПРЕЦРТАЈ НЕТАЧНО тако да добијеш тачну тврдњу.

Цеђењем воде кроз слој шљунка и песка отклањају се растворене /нерастворене нечистоће.

В) Објасни зашто се приликом прераде воде користи поступак озонизације или прехлорисања.

ПРИЛОГ 4 - УПИТНИК

На следећа питања одговори заокруживањем одговора с којим се слажеш и писањем објашњења за изабрани одговор на за то предвиђене линије.

1. Да ли волиш да учиш хемију?

ДА НЕ

Објашњење: _____

2. Да ли би те контекст индустријског производног процеса више заинтересовао за учење хемије?

ДА НЕ

Објашњење: _____

3. Може ли се хемија боље разумети ако се настава изводи у оквиру посета сличних посети водовода?

ДА НЕ

Објашњење: _____

4. Сматраш ли релевантним знање стечено посетом водоводу за твој живот у друштву?

ДА НЕ

Објашњење: _____

5. Исажи степен слагања са наведеним иказима о одржаној посети Водоводу. Описи слагања са исказима су следећи: 1 - уопште се не слажем; 2 - претежно се не слажем; 3 - и слажем се и не слажем се; 4- претежно се слажем; 5- у потпуности се слажем.

Исказ	1	2	3	4	5
Посета водоводу је била занимљива.					
Активности које смо имали приликом посете водоводу су биле превише захтевне.					

Приликом посете водоводу проширио/ла сам знања о води.					
Приликом посете водоводу проширио/ла сам знања о преради воде.					
У будућности би требало да буде више посета водоводу које би биле одржана на сличан начин.					
Оваква посета повећава моју мотивацију за учење хемије.					

6. Шта би издвојио/-ла као предности, а шта као недостатке одржане посете?

а) Предности:

б) Недостаци:

ПРИЛОГ 5 - ТЕСТ

1. Заокружи ДА ако је исказ тачан, или НЕ ако није.

- | | | |
|---|----|----|
| а) Индустрија је делатност у којој се на економичан начин помоћу машина, експлоатишу и прерађују сировине у полупроизводе и готове производе. | ДА | НЕ |
| б) Маса сировина, полупроизвода и готових производа у хемијској индустријској производњи се изражавају у тонама. | ДА | НЕ |
| в) Према предмету рада индустрија воћних сокова је екстрактивна индустрија. | ДА | НЕ |
| г) Према врсти рада индустрија воћних сокова је лака хемијска индустрија. | ДА | НЕ |

2. Заокружи ДА ако је исказ тачан, или НЕ ако није.

- | | | |
|--|----|----|
| а) Глукоза и фруктоза имају сладак укус. | ДА | НЕ |
| б) Вода омогућује деловање протеина (ензима) у воћном соку | ДА | НЕ |
| в) Витамин С (Це) се не раствара у води. | ДА | НЕ |
| г) Масти и уља служе као заштита воћа од спољашњих фактора оштећења. | ДА | НЕ |
| д) Органске киселине у воћном соку утичу на рН вредност сока. | ДА | НЕ |

3. Разврстај примере у првој колони на елементе, једињења и смеше уписивањем знака + у одговарајуће поље у табели.

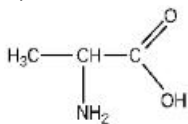
	Хемијски елемент	Хемијско једињење	Смеша
глукоза			
витамин С (Це)			
инвертни шећерни сируп			
калијум			

4. Приказана табела је са етикете на амбалажи сока од брескве. У табели су наведене нутритивне вредности састојака сока.

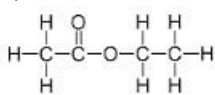
Hranljiva vrednost/Nutritivna vrijednost/ Hranljiva vrijednost/ Нутритивните вредности/ Vizivove hodnoty/Përberja ushqyese	na/na/na/në 100 ml (%) [*]
Energija/Energetska vrijednost/Energija/ Енергија/ Energetická hodnota/Mjera energjetike	204 kJ/ 48 kcal (2%)
Masti/ Маст/ Tuky/Yndyra	0 g (0%)
od kojih zasićene masne kiseline/kiseline/kiseline/ од кои заситени масти/z toho nasýtené mastné kyseliny/prej tyre acide yndyrore të ngopura	0 g (0%)
Ugljeni hidrati/ Ugljikohidrati/ Јарлехидрати/ Sacharidy/ Karbohidratet	12 g (5%)
od kojih šećeri/од кои шеќери/z toho cukry/ prej tyre sheqema	11 g (12%)
Proteini/ Протеини/ Bielkoviny/Proteinat	0 g (0%)
So/Can/Sol/Kripë	0 g (0%)

Заокружи слово испред формуле супстанце која припада најзаступљенијој класи биолошки важних органских једињења у соку.

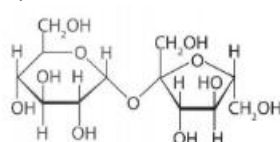
а)



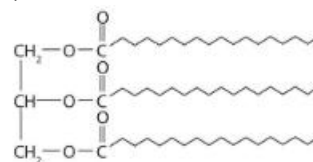
б)



в)



г)



5. Индустрijском прерадом матичног сока (сирови, свеже исцеђени сок) добија се бистри воћни сок. Овај поступак се састоји из неколико процеса. У даљем тексту су описани ови процеси. Рангирај описане процесе прераде воћа до финалног производа – воћног сока у низ, од почетног до последњег, тако што ћеш на линији испред описа првог процеса написати најмањи број, а на линији испред описа последњег процеса највећи.

___ бирање, прање, ситњење и пасирање – припрема воћа за производњу матичногсока.

___ бланширање – топлотно третирање воћне каше добијене ситњењем воћа.

___ депектинизација – разградња пектина који изазивају мутноћу додавањем ензима у процесу производње бистрог сока.

___ пресовање (цеђење) -одвајање воћног сока од воћне каше.

___ бистрење –додавање супстанци у воћни сок ради таложена непожељних супстанци.

___ филтрирање –одстрањивање супстанци које сок чине мутним, а нису сталожене процесом бистрења.

___ корекција – додавање адитива ради побољшања укуса или ради заслађивања воћног сока.

___ припрема амбалаже, пастеризација и разливање сока – одабир комерцијалне амбалаже за стављање воћног сока у промет и припрема сока за прехранбено тржиште.

6. Заокружи ДА ако је исказ тачан, или НЕ ако није.

- | | | |
|--|----|----|
| а) Растварање воћног сирупа у води је хемијска промена. | ДА | НЕ |
| б) Бланширање воћа је физичка промена. | ДА | НЕ |
| в) Промена боје исечене крушке у контакту са ваздухом је хемијска промена. | ДА | НЕ |
| г) Дробљење и млевење воћа је физичка промена. | ДА | НЕ |

7. Пастеризација матичног сока врши се пре фазе разливања сока у индустрijском поступку његове производње, непосредно пре доступности сока на прехранбеном тржишту. Објасни зашто се приликом производње сока примењује поступак пастеризације?

8. Воћна каша је производ настао ситњењем и пасирањем воћа. Одвајање сока из воћних каша је важна индустријска операција у производњи бистрог воћног сока. Заокружи слово испред својства на коме се заснива ова индустријска операција:

- а) величина честица састојака
- б) растворљивост
- в) густина сока
- г) температура кључања

9. Адитиви су супстанце које се из технолошких разлога додају прехранбеним производима у току производње, прераде, припреме, обраде, паковања, транспорта или чувања, тако да директно или индиректно преко својих међупроизвода постају или могу да постану састојак прехранбеног производа. На линији испред назива супстанце напиши број који одговара њеној намени због које се додаје у индустријском поступку добијања воћног сока.

- | | |
|----------------------|------------------|
| ___ Сумпор(IV)-оксид | 1. Заслађивање |
| ___ Витамин С (Це) | 2. Бистрење |
| ___ Желатин | 3. Конзервисање |
| ___ Аспартам | 4. Бојење |
| | 5. Антиоксиданас |

10. Инвертни шећерни сируп се употребљава за заслађивање воћног сока. Овај шећерни сируп настаје додатком киселине у водени раствор сахарозе и загревање те смеше. Заокружи слово испред тачног одговора. Хидролизом једног молекула сахарозе настаје:

- а) два молекула фруктозе
- б) два молекула глукозе
- в) један молекул глукозе и један молекул фруктозе
- г) један молекул глукозе и један молекул галактозе

ПРИЛОГ 6 - УПИТНИК

1. Пред вама је део упитника који испитује у којој мери се слажете са наведеним исказима. Означите одговор на Ликертовој четворостепеној скали (1-Не слажем се, 2-немам мишљење, 3-делимично се слажем, 4-слажем се)

Исказ	1	2	3	4
Хемијска индустрија је важна за будућност друштва у коме живим.				
Требало би да се на часовима хемије у школи учи о темама које се односе на индустријску производњу материјала, хране и енергије.				
Тема „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ је занимљива.				
Тема „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ мотивисала ме је да критички пратим медијско извештавање о овој и сличним темама.				
Занима ме економски аспект индустријске производње				
Допада ми се учење садржаја хемије кроз повезивање са географијом.				
Допада ми се учење садржаја хемије кроз повезивање са биологијом.				
Допада ми се учење садржаја хемије кроз повезивање са историјом.				
Материјал за учење теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ је разумљив.				
Материјал за учење теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ обухвата занимљиве садржаје.				
Разумео/ла сам захтеве које је требало решити у лекцији на тему „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“.				
У материјалу су биле доступне потребне информације за одговарање на захтеве у оквиру лекције „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“.				
Примена Padlet-а за учење хемије на часу чини учење занимљивијим и				

мање досадним.				
Допада ми се што су видео материјали садржали додатне активности.				
Важно ми је да док учим о новој теми добијам повратне информације о постигнућима.				
Повратне информације о постигнућима, уз наставни видео снимак су ми помогле да боље разумевам приказане процесе.				
Волим да учим хемију помоћу Padlet апликације.				
ИТ апликације употребљене за учење садржаја теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ помогле су ми у учењу.				
Укључени експерти у оквиру обраде теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ допринели су да тему боље разумем.				
Укључени експерти у оквиру обраде теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ помогли су ми да сагледам професионалне делатности у овој области индустријске производње.				
Сада критички гледам/слушам извештаје у медијима.				
План лекције ми је помогао да размислим о саставу воћних сокова које конзумирам.				

- 2. Наведи најважније садржаје које се научио/ла у вези с темом „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“.**

- 3. Наведи садржаје из теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ који су ти се посебно допали за учење.**

- 4. Шта је потребно променити или побољшати како би процес учења садржаја теме „Прехрамбена индустрија: прерада воћа и производња воћних сокова“ био бољи?**

- 5. Зашто је за тебе био важан сегмент часа на коме су се укључили експерти: нутрициониста и технолог?**

- 6. Шта би препоручио/препоручила наставницима хемије у Србији у вези с учењем садржаја о хемијској индустрији?**

ПРИЛОГ 7 – ПРЕ-ТЕСТ

ОЦЕНА УТЕМЕЉЕНОСТИ ТВРДЊЕ

Производња воде за пиће је сложен индустријски производни процес у којем је важно обезбеђивање безбедности и квалитета воде. Индустријски процес производње воде за пиће започиње анализом и прикупљањем сировине, која може укључити различите изворе вода. Затим следе различите физичке и хемијске технике којима се осигурава уклањање потенцијално штетних супстанци, попут тешких метала и непожељних органских супстанци. Операције у оквиру индустријског производног процеса бистрења (филтрација и дезинфекција) имају кључну улогу, осигуравајући безбедност и квалитет воде која се по завршеном поступку дистрибуира до потрошача. Примена стандарда и принципа зелене хемије значајна је у свим аспектима производње, јер се на тај начин повећава ефективност у очувању животне средине.

1: Процеси дезинфекције увек осигуравају безбедност воде за пиће.

Оцена утемељености тврдње:

- а) Утемељена тврдња.
- б) Неутемељена тврдња.

2: Примена различитих операција у производњи воде кључна је за уклањање штетних супстанци.

Оцена утемељености тврдње:

- а) Утемељена тврдња.
- б) Неутемељена тврдња.

ФОРМИРАЊЕ ХИПОТЕЗА

Климатске промене значајно утичу на доступност и квалитет воде која се употребљава за производњу воде за пиће. Временски услови попут кише, топљење ледника и екстремних деловања доводе до ризика од загађења и смањења расположивости чистих водних ресурса. Фабрике за прераду воде инвестирају у средства намењена адаптацији напредних индустријских производних процеса пречишћавања и управљања ризицима обезбеђујући одрживу будућност.

3: Неизвесно је колико ће климатске промене тачно утицати на доступност и квалитет воде за пиће.

Формулисање хипотезе:

- а) Претпоставка је тачна.
- б) Недовољно информација да се оцени тачност претпоставке.
- в) Претпоставка није тачна.

4: Фабричка постројења у индустрији која производи воду за пиће не адаптирају се на климатске промене.

Формулисање хипотезе:

- а) Претпоставка је тачна.
- б) Недовољно информација да се оцени тачност претпоставке.
- в) Претпоставка није тачна.

ТЕСТИРАЊЕ ХИПОТЕЗЕ

У фабрици за прераду воде за пиће, технолог поставља хипотезу.

Хипотеза гласи: Процес уклањања хлорида из воде лоше утиче на квалитет воде.

Процес уклањања хлорида из воде обухвата филтрацију, дехлорисање, и ултраљубичасту (UV) обраду воде. Тим поступцима треба да се смањи концентрација хлорида и осталих штетних супстанци у води. Након примењених поступака, мерења су показала да је концентрација хлорида значајно нижа од дозвољених граница у води за пиће. Међутим, забележено је повећање концентрације других нечистоћа у води.

5: Процес уклањања хлорида из воде значајно смањује њихову концентрацију у води за пиће, међутим, повећава присуство других нечистоћа у води.

Тестирање хипотезе:

- а) Ова тврдња произилази из постављење хипотезе.
- б) Ова тврдња не произилази из постављене хипотезе.

6: Процес уклањања хлорида из воде за пиће негативно утиче на присуство тешких метала у води.

Тестирање хипотезе:

- а) Ова тврдња произилази из постављење хипотезе.
- б) Ова тврдња не произилази из постављене хипотезе.

ИЗВОЂЕЊЕ ЗАКЉУЧАКА

Контрола квалитета водне сировине за примену у индустријском производном процесу прераде воде за пиће је од суштинског значаја за обезбеђивање безбедне и здраве воде за пиће у заједници. Фабрике за прераду воде морају се побринути да вода која улази у њихов систем буде чиста и заштићена од загађења, како би спречили улазак ђубрива и других загађивача. Спирањем пољопривредних површина ђубриво доспева у воду. Фосфати и нитрати у ђубриву стимулишу развој алги, што може изазвати еутрофикацију тј. „цветање воде”. Пораст алги угрожава живот у води, с обзиром да организми који разлажу алге употребљавају кисеоник из воде. Овај процес може довести до смањења заступљености кисеоника у води, што може представљати опасност за живи свет. У условима недостатка кисеоника, разлагање угинулих организама може произвести стварање отровних супстанци које могу бити опасне у води за пиће.

7: Осигуравање чистих улазних извора воде је кључно за спречавање загађења у системима за производњу и прераду воде за пиће, што је основно за обезбеђивање безбедне и здраве воде за потрошаче.

Извођење закључака:

- а) Закључак је логичан и следи из изнетих чињеница.
- б) Закључак није логичан и не следи из изнетих чињеница

8: Увођење технологије за добијање биогорива од алги могло би да смањи опасност од недостатка кисеоника.

Извођење закључака:

- а) Закључак је логичан и следи из изнетих чињеница.
- б) Закључак није логичан и не следи из изнетих чињеница.

АНАЛИЗА АРГУМЕНАТА

У процесу производње воде за пиће, примена ремедијације као третмана за отпадне воде може значајно утицати на степен загађености водних ресурса и заштиту животне средине. Ремедијација се користи за смањење концентрације загађујућих супстанци до безбедних нивоа, што доприноси одрживом управљању водним ресурсима.

9: Да ли употреба ремедијације за уклањање отпадних вода треба да буде обавезна у процесу производње воде за пиће?

Одговор: Да.

Аргумент: Ремедијација представља ефикасан приступ за санацију загађених водних токова повезаних с производњом воде за пиће. Загађујуће супстанце се ремедијацијом уклањају из воде применом биолошких, физичких или хемијских поступака, што значајно смањује њихов негативан утицај на животну средину. Обавезна примена ремедијације у производњи воде за пиће омогућава заштиту водних ресурса и спречава потенцијалне еколошке проблеме, чиме се постиже одржив развој и заштита животне средине, и задовољавање стандарда квалитета.

Анализа аргумената:

- а) Аргумент је валидан.
- б) Аргумент није валидан.

10: Да ли употреба ремедијације за уклањање отпадних вода у процесу производње воде за пиће може негативно утицати на безбедносне стандарде производње?

Одговор: Не.

Аргумент: Увођење ремедијације у процес производње воде за пиће може имати минималан или незнатан утицај на квалитет воде и безбедност потрошача. С обзиром на строге регулативе и редовне контроле квалитета које већ постоје, додатне мере ремедијације могле би се сматрати сувишним и непотребно скупим. Постојећа технологија већ ефикасно уклања већину загађујућих супстанци, па би било боље фокусирати се на унапређење постојећих система филтрације и чишћења уместо увођења нових, потенцијално непотребно скувих технологија.

Анализа аргумената:

- а) Аргумент је валидан.
- б) Аргумент није валидан.

ПРИЛОГ 8 – ПОСТ-ТЕСТ

ОЦЕНА УТЕМЕЉЕНОСТИ ТВРДЊЕ

Индустријски производни процес производње и прераде воде за пиће има изузетно важну улогу у нашим животима. Примери значаја овог процеса укључују строге хигијенске стандарде који обезбеђују безбедност воде за пиће, напредне технологије за пречишћавање воде и законске регулативе које гарантују исправност воде. Различите професије попут инжењера, хемичара, биолога и стручњака за заштиту животне средине имају значајну улогу у обезбеђивању квалитета и безбедности воде за пиће. Фабрике у овој области учествују у друштвеним иницијативама које се односе на одрживи развој, демонстрирајући своју друштвену одговорност и ангажованост за заштиту животне средине и општег благостања.

1: Производња воде за пиће је једини начин за решавање проблема у воденим ресурсима.

Оцена утемељености тврдње:

- а) Утемељена тврдња.
- б) Неутемељена тврдња.

2: Производња воде за пиће значајно утиче на заштиту људског здравља и опстанак животне средине.

Оцена утемељености тврдње:

- а) Утемељена тврдња.
- б) Неутемељена тврдња.

ФОРМИРАЊЕ ХИПОТЕЗА

Процес аерације је неопходан за ефикасно пречишћавање воде за пиће. Овај процес одвија се у великим плитким базенима. Током аерације, уз употребу уређаја тзв. аератора ваздух се пропушта кроз воду и доводи до распрскавања воде. На тај начин се вода обогађује кисеоником. Аерацијом се могу уклонити хидрогенкарбонати и Fe^{2+} јони. Такође, смањује се концентрација непожељних гасова као што су угљеник(IV)-оксид и водоник-сулфид, што доприноси стварању окружења које је мање погодно за развој микроорганизама. Кисеоник из ваздуха делује на Fe^{2+} јоне, при чему настају слабо растворене супстанце у води. Оне се из воде одвајају филтрацијом.

3: Аерацијом се знатно смањује опасност од развоја микроорганизама у води за пиће.

Формулисање хипотезе:

- а) Претпоставка је тачна.
- б) Недовољно информација да се оцени тачност претпоставке.
- в) Претпоставка није тачна.

4: Аератори доводе до значајног повећања концентрације тешких метала у води.

Формулисање хипотезе:

- а) Претпоставка је тачна.
- б) Недовољно информација да се оцени тачност претпоставке.
- в) Претпоставка није тачна.

ТЕСТИРАЊЕ ХИПОТЕЗЕ

Кључни аспект одрживог управљања у фабрици за производњу и прераду воде за пиће је одржавање стално контролисаног испуштања фосфата у окружење. Управа фабрике се у јавном обраћању обавезала да ће контролисати и ограничити испуштање фосфата у животну средину на максимално дозвољену концентрацију од $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Аналитичар за животну средину поставио је хипотезу: примена напредних технологија за уклањање фосфата значајно смањује њихову концентрацију у обрађеној води фабрике.

Након што су процеси уклањања фосфата унапређени, уочено је смањење концентрације фосфата у обрађеној води од $0,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

5: Уклањање фосфата из воде у фабрици за прераду воде за пиће је једноставан и ефикасан процес.

Тестирање хипотезе:

- а) Ова тврдња произилази из постављене хипотезе.
- б) Ова тврдња не произилази из постављене хипотезе.

6: Нове технологије су ефикасне у смањењу концентрације фосфата у обрађеној води.

Тестирање хипотезе:

- а) Ова тврдња произилази из постављене хипотезе.
- б) Ова тврдња не произилази из постављене хипотезе.

ИЗВОЂЕЊЕ ЗАКЉУЧАКА

Киселе кише представљају значајан еколошки проблем. Настанак киселих киша објашњава се реакцијом киселих оксида сумпора и азота, и атмосферске воде, при чему, између осталих настају сумпорна и азотна киселина које у виду киселих киша падају на земљу. Вода у облацима при проласку кроз атмосферу „прикупља” супстанце које се налазе у ваздуху, због чега киша постаје киселија. Последице киселих киша видљиве су не само на локалном нивоу, већ и на много ширем подручју. Киселе кише могу реаговати са састојцима земљишта, растварати их и спирати, због чега може да се повећава концентрација јона тешких метала. Загађено земљиште се слива у подземне реке уз ослобађање јона тешких метала што може имати фаталне последице по живи свет.

7: Киселе кише су корисне за земљу јер уништавају штетне бактерије у земљи.

Извођење закључака:

- а) Закључак је логичан и следи из изнетих чињеница.
- б) Закључак није логичан и не следи из изнетих чињеница.

8: Киселих киша може спречити ерозију земљишта.

Извођење закључака:

- а) Закључак је логичан и следи из изнетих чињеница.
- б) Закључак није логичан и не следи из изнетих чињеница.

АНАЛИЗА АРГУМЕНАТА

На обали реке, налази се фабрика за прераду воде која користи фосилна горива за производњу енергије којом се покреће индустријски производни процес добијања и прераде воде за пиће. Сагоревањем фосилних горива, између осталих, ослобађа се угљеник(IV)-оксид, који доприноси ефекту стаклене баште. Друштвена заједница која се ослања на ове изворе воде недавно је приметила промене у квалитету ваздуха, изазване могућим загађењем из фабричких димњака.

9: Да ли би фабрика за прераду воде требало да увећа капацитет филтрирања ради смањења емисије гасова који доприносе ефекту стаклене баште?

Одговор: Да.

Аргумент: Инвестиција у повећање капацитета филтрирања може значајно утицати на смањење емисије угљеник(IV)-оксида, који је одговоран за ефект стаклене баште. То би допринело заштити животне средине и подизању квалитету живота заједнице која зависи од ових извора воде. Према подацима с тржишта рада, напредна технологија филтрације пружа еколошке и здравствене користи, уз умерене инвестиционе трошкове, чиме се добијени економски бенефит фабрике не нарушава.

Анализа аргумената:

- а) Аргумент је валидан.
- б) Аргумент није валидан.

10: Да ли би фабрика за прераду воде требало да одложи увођење напредних филтера због недостатка јасних доказа о њиховом директном утицају на квалитет воде у овој заједници?

Одговор: Не.

Аргумент: Иако може постојати неизвесност о јасним доказима утицаја напредних филтера на квалитет воде у овом конкретном случају, потребно је узети у обзир широки еколошки и климатски утицај. Смањење емисије гасова који доприносе ефекту стаклене баште могло би значајно да утиче на општи еколошки баланс и климатске промене, што је од изузетног значаја за будућност заједнице и животне средине. Стога, одлагање увођења филтера може довести до ризика по животну средину.

Анализа аргумената:

- а) Аргумент је валидан.
- б) Аргумент није валидан.

ПРИЛОГ 9 - УПИТНИК

1. Пред вама је део упитника који испитује у којој мери се слажете са наведеним исказима. Означите одговор на Ликертовој петостепеној скали (1-Уопште се не слажем; 2-Не слажем се; 3-Неодлучан/на сам; 4-Слажем се; 5-У потпуности се слажем).

Исказ	1	2	3	4	5
Тема о преради и производњи воде је важна.					
Волим да учим хемију.					
Свиђа ми се овакав начин учења.					
Нисам разумео/ла сам захтеве које је требало решити.					
Материјал о преради и производњи воде је разумљив.					
Материјал о преради и производњи воде је занимљив.					
У материјалу за учење није било потребних информације за задатке које је требало решити.					
Шеме су ми помогле да критички промишљам о теми.					
Поступно разматрање проблема (корак по корак) помажу ми да боље анализирам проблеме свакодневице.					
Genially апликација подстиче моју мотивацију за учење хемије.					
Учење уз помоћ Genially апликације повећава моје самопоуздање у хемији.					
Визуелни садржај у Genially апликацији чини учење хемије занимљивијим.					
Свиђа ми се интерактивни рад у Genially апликацији.					
Допао ми се рад јер су друштвена питања повезана с темама из хемије.					
Дискусије интегрисане у оквиру курса помажу ми да напредујем.					
Научио/ла сам о преради и производњи воде, што је значајно за мој лични живот.					
Овакав рад ме је заинтересовао да у будућности више размишљам о професијама које су у вези с прерадом и производњом воде.					
Овакав рад ме је навео да					

размишљао о процесу прераде и производње воде.					
Овакав рад ме је мотивисао да у будућности више пратим медијске поруке о води и процесу прераде и производње воде као неопходном ресурсу за живот.					

2. Како се искуство учења са Genially апликацијом може побољшати у смислу развоја критичког мишљења?

ПРИЛОГ 10 – Padlet материјал

Prehrambena industrija: prerada voća i proizvodnja voćnog soka

Dragi učeniče, Molimo Vas da iskreno odgovorite na sledeća pitanja. Ovo istraživanje se sprovođi u cilju prikupljanja podataka o realizaciji sadržaja Industrijske i primenjene hemije. Podaci prikupljeni ovim putem biće korišćeni isključivo u tu svrhu. Ispitivanje je anonimno, a Vaša iskrenost će biti od velike koristi. Unapred Vam se zahvaljujemo na uložanom trudu i vremenu. Katedra za nastavu hemije, Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet.

Pre nego što kreneš u avanturu novih saznanja u okviru teme "Prehrambena industrija: prerada voća i proizvodnja voćnog soka" o...

Zadatak 1. Industrijska i primenjena hemija.

Zadatak 2. Reklame o voćnim sokovima.

Zadatak 3a. Voće kao životna namirnica. Sirovine za proizvodnju voćnog soka. Industrijske operacije...

Zadatak 3b. Pitaj nutricionistu i prehranbenog tehnologa

Zadatak 4. Industrijski procesi i operacije u proizvodnji soka-primena.

Dodatni tekstualni materijal

forms.gle
Preradišne industrije: prerada voća i proizvodnja voćnog soka

Video test
https://forms.gle/5sqtqoXw8B2R2cD

Pažljivo pogledaj izdvojene reklame, a potom: a) opcijom lajk odaberi reklamu koja po tebi najbolje prezentuje određeni sok. b) u vidu komentara, odgovori na pitanja koja su u vezi s prikazanim reklamnim sadržajem.

proizvodnju voćnih sokova
Video - 12:38
3. Sirovine u preradi voća
Pažljivo pogledaj sledeći video koji se odnosi na sirovine u preradi voća, a zatim u okviru komentara odgovori na postavljena pitanja.

Pitanje za nutricionistu
Napisi pitanja koja je vezano za temu "Prehrambena industrija: prerada voća i voćnih sokova" i sačekaj odgovor.
Na Vaša pitanja odgovara Anđela

Postupak proizvodnje voćnog soka Fruvita. Nakon što odgledaš video, pomoću komentara, odgovori na pitanja koji su vezi s prikazanim sadržajem.

PPTX
1. Industrijska i primenjena hemija

+ Objava

Prehrambena industrija: prerada voća i proizvodnja voćnog soka

Dragi učeniče, Molimo Vas da iskreno odgovorite na sledeća pitanja. Ovo istraživanje se sprovođi u cilju prikupljanja podataka o realizaciji sadržaja Industrijske i primenjene hemije. Podaci prikupljeni ovim putem biće korišćeni isključivo u tu svrhu. Ispitivanje je anonimno, a Vaša iskrenost će biti od velike koristi. Unapred Vam se zahvaljujemo na uložanom trudu i vremenu. Katedra za nastavu hemije, Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet.

Pre nego što kreneš u avanturu novih saznanja u okviru teme "Prehrambena industrija: prerada voća i proizvodnja voćnog soka" o...

Zadatak 1. Industrijska i primenjena hemija.

Zadatak 2. Reklame o voćnim sokovima.

Zadatak 3a. Voće kao životna namirnica. Sirovine za proizvodnju voćnog soka. Industrijske operacije...

Zadatak 3b. Pitaj nutricionistu i prehranbenog tehnologa

Zadatak 4. Industrijski procesi i operacije u proizvodnji soka-primena.

Dodatni tekstualni materijal

forms.gle
Preradišne industrije: prerada voća i proizvodnja voćnog soka

Video test
Sirovine za proizvodnju voćnih sokova
edspizic.com

Navedi nekoliko industrijskih proizvoda bez kojih ne možeš da zamisliš svakodnevni život.

Video - 09:56
Lenta premium sampla

Objasni, zbog čega si se odlučio/la za ove industrijske proizvode?

Da li su sve informacije na deklaraciji sokova tačne i proverene? Obrazloži odgovor.

Da li znaš čime se bave nutricionisti? Napisi odgovor u komentaru.

Pitanje za tehnologa.

Koji vrsti supstance pripada voćni sok s pulpom od pomorandže koji je pripremljen fabrici voćnog soka?

Sirovine za proizvodnju voćnih sokova
3. Sirovine u proizvodnji voćnog soka

Koji od poluproizvoda nastalih od voća se upotrebljava za dobijanje

+ Objava

Prehrambena industrija: prerada voća i proizvodnja voćnog soka

Dragi učeniče, Molimo Vas da iskreno odgovorite na sledeća pitanja. Ovo istraživanje se sprovođi u cilju prikupljanja podataka o realizaciji sadržaja Industrijske i primenjene hemije. Podaci prikupljeni ovim putem biće korišćeni isključivo u tu svrhu. Ispitivanje je anonimno, a Vaša iskrenost će biti od velike koristi. Unapred Vam se zahvaljujemo na uložanom trudu i vremenu. Katedra za nastavu hemije, Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet.

Zadatak 3a. Voće kao životna namirnica. Sirovine za proizvodnju voćnog soka. Industrijske operacije...

Zadatak 3b. Pitaj nutricionistu i prehranbenog tehnologa

Zadatak 4. Industrijski procesi i operacije u proizvodnji soka-primena.

Dodatni tekstualni materijal

Zadatak 5. Upitnik

Za kraj avanture u okviru kojih si saznao/la o temi "Prehrambena industrija: prerada voća i proizvodnja voćnog soka" odgovori ...

forms.gle
Preradišne industrije: prerada voća i proizvodnja voćnih sokova

Pažljivo pogledaj izdvojene reklame, a potom: a) opcijom lajk odaberi reklamu koja po tebi najbolje prezentuje određeni sok. b) u vidu komentara, odgovori na pitanja koja su u vezi s prikazanim reklamnim sadržajem.

proizvodnju voćnih sokova
Video - 12:38
3. Sirovine u preradi voća
Pažljivo pogledaj sledeći video koji se odnosi na sirovine u preradi voća, a zatim u okviru komentara odgovori na postavljena pitanja.

Pitanje za nutricionistu
Napisi pitanja koja je vezano za temu "Prehrambena industrija: prerada voća i voćnih sokova" i sačekaj odgovor.
Na Vaša pitanja odgovara Anđela

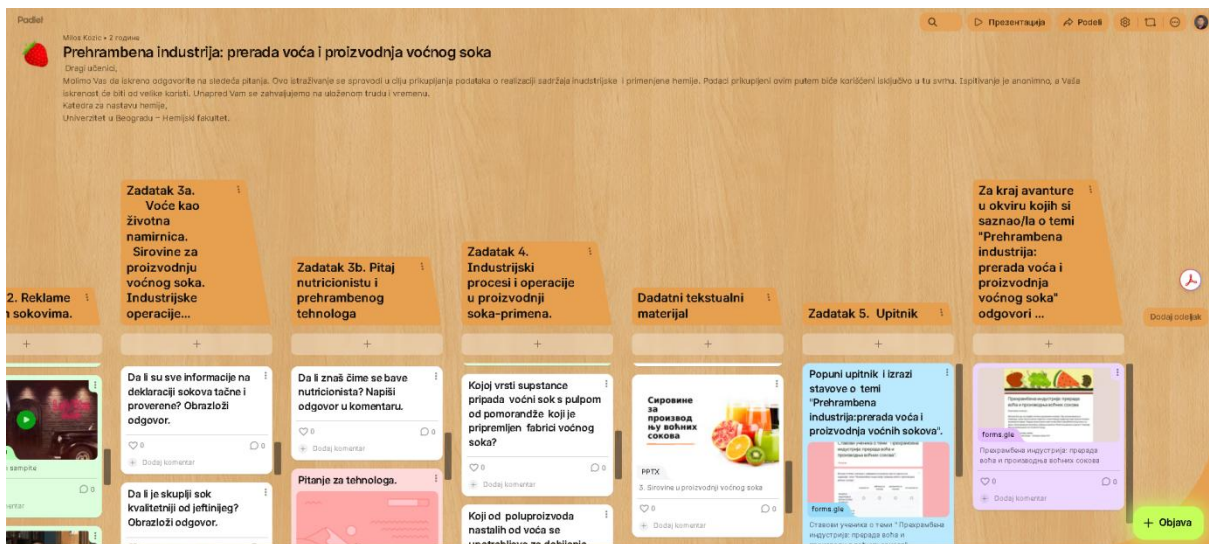
Postupak proizvodnje voćnog soka Fruvita. Nakon što odgledaš video, pomoću komentara, odgovori na pitanja koji su vezi s prikazanim sadržajem.

PPTX
1. Industrijska i primenjena hemija

Popuni upitnik i izrazi stavove o temi "Prehrambena industrija: prerada voća i proizvodnja voćnih sokova".

forms.gle
Stravni učeniče o temi "Preradišne industrije: prerada voća i proizvodnja voćnih sokova"

+ Objava



Напомене: видео материјал уграђен у Padlet приредио докторанд уз употребу комерцијалних бесплатних архива слика и фотографија (www.pixnio.com; www.pexels.com) и комерцијално доступних реклама прехранбених производа и технологије за производњу воћног сока.

ПРИЛОГ 11 – Материјал активности: Биолошки важна органска једињења (Контекст воћних сокова)

АКТИВНОСТ 1:

- Посматрање наставног филма *Основе индустријске производње* о индустријској производњи генерално, подели индустрија, значају и утицајима индустријске производње на животну средину.

ЗАДАТАК: Упознајмо индустрију

Поделите се у осам група: А, Б, В, Г, Д, Ђ, Е и Ж. По две групе радиће исти задатак. Када у групи решите задатак, добијене резултате упоредите са другим групама. Резултате рада ваше групе представите другим ученицима.

Група А и Б: Хемијска индустрија у Србији

Користећи интернет истражите где се у Републици Србији налазе постројења хемијске индустрије и који су им најважнији производи. Након тога на нему карту Републике Србије (дата је у прилогу), уцртајте где се постројења налазе.



Слика 1. Нема карта Републике Србије

Одговорите на питања:

1. Наведите неколико индустријских производа без којих не можете замислити свакодневни живот. Објасните због чега сте изабрали наведене производе.
2. За које земље знате да су највећи индустријски произвођачи и којих производа?

Група В и Г: Услуге природе

Животна средина је сваки простор на планети Земљи где постоје услови за живот. Заједница живих бића и неживих објеката са њиховим заједничким окружењем назива се екосистем. Сваки екосистем карактерише разноврсност живог света (биодиверзитет). Човек употребљава материјалне ресурсе („услуге природе“) како би задовољио сопствене животне потребе. У табели 1. наведе су све услуге које човеку и свим живим бићима пружа екосистем.

Табела 1. Услуге екосистема

Културне услуге	Услуге подршке	Услуге регулисања	Услуге снабдевања
<ul style="list-style-type: none">• Ментално и физичко здравље• Рекреација и екотуризам• Естетске вредности• Духовне и религијске вредности	<ul style="list-style-type: none">• Кружење материје• Фотосинтеза• Формирање земљишта	<ul style="list-style-type: none">• Регулисање квалитета ваздуха• Регулисање климе• Регулисање кружења воде• Регулисање енергије• Прочишћавање воде и третирање отпада• Регулисање штеточина и болести• Опрашивање• Ублажавање екстремних непогода	<ul style="list-style-type: none">• Храна• Сировине• Биохемикалије и природни лекови• Пијаћа вода

Обележите и именујете све услуге природе које су приказане на фотографијама.



Слика 1. Услуге природе. Извор: www.pexels.com

Одговорите на питања:

1. Објасните каква је повезаност услуга екосистема и индустријске производње.
2. Наведите начине на које хемијска производња унапређује квалитет животне средине и здравља људи.
3. Наведите начине којима се штетним деловањем човека нарушава природна равнотежа и здравље људи.
4. Набројте неке хемијске супстанце које загађују воду.
5. Набројте неке хемијске супстанце које загађују ваздух.
6. Набројте неке хемијске супстанце које загађују земљиште.

Група Д и Ђ: Како учинити свет бољим местом за живот?

Одрживи развој друштва омогућава задовољавање потреба садашње генерације без угрожавања способности будућих генерација да задовоље своје потребе. Циљеви одрживог развоја представљају глобални позив на акцију, како би се спречило сиромаштво, заштитила животна средина и клима, али и подстакли сигурни мир и просперитет људи. Наведени циљеви дефинисани су у *Агенди 2030* коју су донеле Уједињене нације, 1. јануара 2016. године. Један од начина за поштовање одрживог развоја у индустријској производњи јесте увођење принципа одрживе или зелене хемије. Уз помоћ интернета, претражите 17 циљева *Агенде 2030*, класификујте их у пет категорија.

Одговорите на питања:

1. Које три кључне димензије одрживог развоја могу да проистекну из наведених циљева?
2. Зелена хемија подразумева економичну потрошњу супстанци, уз стварање што мање загађујућих супстанци, мали утросак енергије, производњу материјала који се могу рециклирати итд. Један од принципа зелене хемије гласи: „Реакционе производе треба синтетисати уз њихову минималну токсичност. Илуструј једним подесним и једним неподесним начином добијања натријум-хлорида.
3. Илуструј примерима како се у твојој непосредној околини примењују принципи зелене хемије?

Група Е и Ж: Индустријска револуција

Појам „индустријска револуција” повезује се с друштвеним развојем који се догађа у „кратком” временском периоду. Основи предуслов за развијање индустрије био је основање мануфактурних радионица и увећање капитала. Из таквих радионица временом се развијају прве фабрике, које су постале основ за даљи развој индустрије. Капитал је омогућио запошљавање нових радника, набавку великих количина сировина, конструисање савршенијих машина и градњу нових фабричких постројења. Развој индустрије најпре је отпочео у текстилној производњи која је захтевала најмање улагање. Све већа потражња за производима од метала довела је до развоја рударства и технике прераде метала који су постали носиоци индустријског развоја. Саобраћај је допринео повезивању најудаљенијих делова света и остваривању индустријског напретка, како у привреди, тако и у друштву. Користећи интернет истражите индустријску револуцију и представите помоћу историјске ленте њен развој. На историјској ленти која представља развој индустрије, означите најважније индустријске проналаске.

Одговорите на питања:

1. Које су предности и недостаци индустријске револуције?
2. Старе занате треба спасити од заборављавања, али се мора ићи и у корак с временом и стално ослушкивати потребе тржишта. Објасните шта су у нашој земљи производили људи следећих занимања: бомбонџија, кујунџија, јорганџија, самарџија, лулеџија и терџија.

АКТИВНОСТ 2:

- Посматрање филма *Рекламирање воћног сока*.
- Дискутовање о тачности информација посредованих путем реклама потрошачима.

Воћни сок – производ који се рекламира.

- Посматрање рекламног садржаја. Ученици гледају следеће рекламе:

<https://www.youtube.com/watch?v=Kt0vO9gIfjo>

<https://www.youtube.com/watch?v=0A1XGPJ1dQE>

<https://www.youtube.com/watch?v=85rfa-VJWv4>

<https://www.youtube.com/watch?v=zkB8Hb95YBo>

Активирање претходног знања ученика помоћу питања:

1. Да ли бисте купили рекламиране производе?
2. Које више верујете, информацијама из новинских чланака стручњака или рекламама које се емитују путем малих екрана и друштвених мрежа?
3. Које су кључне речи употребљене у приказаним рекламама? Објасните зашто су баш те кључне речи употребљене?

ЗАДАТАК 2: РЕКЛАМА

Поделите се у осам група: А, Б, В, Г, Д, Ђ, Е и Ж. По две групе радиће исти задатак. Када у групи решите задатак, добијене резултате упоредите са другим групама. Помоћу реклама се код потрошача изазива пажња у вези с одређеним производима и услугама, потреба за њима и спремност да се производ или услуга набави/добије. Посредују се путем различитих средства информисања. У њима се истичу, препоручују, хвале одређени производ како би привукли пажњу већег броја потрошача. Поделите се у групе и за одређени прехранбени производ – воћни сок, осмислите рекламу. Она може садржати цртеж, слоган, маскоту, заштитни знак и слично. Резултате рада ваше групе представите другим ученицима. Након представљања резултата вашег рада, нека ваша група, водећи се критеријумима које сама донесе, одабере најбољи рекламни изазов и рекламу коју су представиле друге групе.

АКТИВНОСТ 3:

- Посматрање наставног филма *Воће као животна намирница. Сировине и индустријске операције у процесу прераде воћа и производње воћног сока* о својствима и хемијском саставу воћа, хранљивој вредности воћа као намирнице, сировинама и поступцима у индустријском производном процесу.

ЗАДАТАК 3: БИОЛОШКИ ВАЖНА ОРГАНСКА ЈЕДИЊЕЊА

Поделите се у осам група: А, Б, В, Г, Д, Ђ, Е и Ж. По две групе радиће исти задатак. Када у групи решите задатак, добијене резултате упоредите са другим групама. Резултате рада ваше групе представите другим ученицима.

Група А и Б: Дата је листа хемијских појмова о мастима и уљима из наставне теме о биолошки важним органским једињењима. Ваш задатак је да организујете појмове у појмовну мапу, назначите везе и односе међу њима и препознате природу везе између датих појмова. Појмови су: ПРИМЕНА, ПОДЕЛА, ФИЗИЧКА СВОЈСТВА, ХЕМИЈСКИ САСТАВ, ДОБИЈАЊЕ, исхрана – извор енергије, биљке, плод, семе, триацилглицероли (естри), засићене масне киселине, незасићене масне киселине, масне киселине, глицерол, нерастворљиви у води, агрегатно стање, чврсто агрегатно стање, течно агрегатно стање, масти, уља, пресовање, цеђење, мања густина у односу на густину воде.

Група В и Г: Дата је листа хемијских појмова о угљеним хидратима из наставне теме о биолошки важним органским једињењима. Ваш задатак је да организујете појмове у појмовну мапу, назначите везе и односе међу њима и препознате природу везе између датих

појмова. Појмови су: ПРИМЕНА, ХЕМИЈСКА СВОЈСТВА, ПОДЕЛА, ФИЗИЧКА СВОЈСТВА, ХЕМИЈСКИ САСТАВ, НАЛАЖЕЊЕ У ПРИРОДИ, ДОБИЈАЊЕ, фотосинтеза, исхрана, карбонилна група, хидроксилна група, агрегатно стање, чврсто агрегатно стање, растворљивост у води, прости, сложени, моносахариди, олигосахариди, дисахариди, полисахариди, глукоза, фруктоза, сахароза, скроб, целулоза.

Група Д и Ђ: Дата је листа хемијских појмова о аминокиселинама и протеинима из наставне теме о биолошки важним органским једињењима. Ваш задатак је да организујете појмове у појмовну мапу, назначите везе и односе међу њима и препознате природу везе између датих појмова. Појмови су: ПРИМЕНА, ХЕМИЈСКА СВОЈСТВА, ПОДЕЛА, ФИЗИЧКА СВОЈСТВА, ХЕМИЈСКИ САСТАВ, НАЛАЖЕЊЕ У ПРИРОДИ, ДОБИЈАЊЕ, УЛОГА У ОРГАНИЗМУ, прости, сложени, фирбиларни, глобуларни, аминокиселине, полипептиди, протеини, непротеинске аминокиселине, протеинске аминокиселине, аминокиселинска група, карбоксилна група, пептидна веза, денатурација, деловање јаких киселина и база, топлота, зрачење, јони тешких метала, градивна, заштитна, складишна, регулаторна.

Група Е и Ж: Дата је листа хемијских појмова о витаминима из наставне теме о биолошки важним органским једињењима. Ваш задатак је да организујете појмове у појмовну мапу, назначите везе и односе међу њима и препознате природу везе између датих појмова. Појмови су: ВИТАМИНИ, НАЛАЖЕЊЕ У ПРИРОДИ, ПОДЕЛА, УЛОГА, биљке, животиње, обезбеђују енергију, помажу раст и развој, штите организам, регулишу метаболизам, растворљиви у води, растворљиви у уљима и мастима, А, D, Е, К, С, В-комплекс, авитаминоза, скорбут, бери-бери, оштећење јетре, прерано старење.

АКТИВНОСТ 4:

- Посматрање наставног филма *Индустријски производни процес прераде воћа и производње воћног сока* о сировинама и индустријским операцијама у производњи воћног сока.

ЗАДАТАК 4: ПРОИЗВОДНИ ЛАНАЦ

Поделите се у осам група: А, Б, В, Г, Д, Ђ, Е и Ж. По две групе радиће исти задатак. Када у групи решите задатак, добијене резултате упоредите са другим групама. Резултате рада ваше групе представите другим ученицима.

Производња и биолошка разноврсност у живим бићима чине нераскидиву везу. Ваш задатак је да на основу картица које добијете, поређате картице правим редоследом који приказује круг проблема за одабрани тржишни производ. На картицама су написани различити делови производног ланца који укључују и утицај производа на природу.

Табела 1. Картице производног ланца

ГРУПА А и Б	ГРУПА В и Г	ГРУПА Д и Ђ	ГРУПА Е и Ж
Књига	Ланена кошуља	Кекс	Млеко
Књижар	Бутик	Супермаркет	Продавница
Штампарија	Дистрибутер одеће	Тржиште кондиторских производа	Млекара
Фабрика папира	Фабрика одеће	Фабрика слаткиша	Пољопривреда
Шума	Поље лана	Ливада	Детелина
Детлић	Птица	Зец	Крава

Одговорите на питања:

1. Којој врсти индустрије припада производ који је ваша група добила?
2. Које добити могу да се јаве приликом производње наведеног производа?
3. Који проблеми могу да се јаве приликом производње наведеног производа?

АКТИВНОСТ 5: ВОДИЧ КРОЗ ИЗБОР ЗАНИМАЊА И САЗНАЊА О ПРОФЕСИЈАМА

- Каријерно вођен разговор – прехранбени технолог и нутрициониста-дијететичар.

ЗАДАТАК 5: КОЛИКО ВОЋА ЗАИСТА ИМА У СОКОВИМА КОЈЕ ПИЈЕМО?

Циљ радионице: оснаживање процеса доношења одлука у ситуацијама супростављања интереса различитих група ученика.

Током радионице учесници кроз продуковање аргумената за и против критички разматрају информације из медија о воћним соковима доступним на тржишту. Пре почетка радионице учесници се у одељењу договарају и бирају водитеља. Водитељ учеснике уводи у тему радионице.

ТЕМА РАДИОНИЦЕ:

Иако се често сматра да чаша воћног сока представља савршен почетак дана, важно је размислити шта се заправо налази у тој чаши. Рекламе и савремени начин живота учинили су да сокови изгледају као синоним за здрав доручак, али стварност није увек тако једноставна. Док свеже цеђени сокови заиста могу бити богати корисим хранљивим састојцима, многи производи са раfoва продавница садрже велике количине додатих вештачких заслађивача, арома, вештачких боја, згушњивача и других разних адитива. Такви напаци, упркос воћном укусу, често имају не само мању нутритивну вредност, већ могу имати неповољан утицај на здравље уколико се конзумирају свакодневно.

Након што учеснике упозна с темом радионице, водитељ чита једну по једну изјаву о воћним соковима. Ученици помоћу картона у боји исказују своје мишљење: црвени картон – не слажем се, жути картон – немам мишљење, зелени картон – слажем се. Сви учесници учествују у радионици и изражавају свој став о датој теми. Различити ставови ученика постају видљиви.

Истине и заблуде о воћним соковима:

- Виша цена сока често се доживљава као показатељ бољег квалитета.
- Подаци наведени на амбалажи сматрају се поузданим и провереним.
- Илустрације воћа на паковању остављају утисак да је оно у великој мери заступљено у производу.
- Ознака – „100 % воће“ се обично тумачи као да сок потиче искључиво од цеђеног воћа.
- Напаци од воћа могу имати значајну енергетску вредност.
- Сматра се да воћни сокови не укључују вештачке заслађиваче, као што је аспартам.

У наставку радионице, водитељ дели учеснике у групе (медији, индустријски произвођачи, потрошачи, невладина организација, доктори, пољопривредници и представници власти). Свака група добија припремни лист на коме се налази опис улога учесника групе. Потребно је дати довољно времена да свака група састави идеје за своје излагање.

УЛОГЕ УЧЕСНИКА:

- **МЕДИЈИ** – Ви сте представници медија. Представљате најпознатију медијску кућу у земљи. Пажња ваше редакције усмерена је на истраживачко новинарство. Покушавате да известите становнике вашег града о проблемима који се одвијају у индустрији. Један од проблема јесте и производња воћних сокова. Ваш основни задатак јесте упућивање шире јавности на истине и заблуде приликом конзумирања воћних сокова.
- **ИНДУСТРИЈСКИ ПРОИЗВОЂАЧ** – Ви сте руководство веома успешног индустријског произвођача воћних сокова. Својим радом доприносите економском добитку наше земље. У процесу производње сока води се рачуна о економској рачуници по којој сваки произвођач сока не жели да има губитак, због чега се служи различитим маркетиншким триковима приликом пласирања производа на тржиште. Сарађујете са пољопривредницима од којих вршите откуп воћа.
- **ПОТРОШАЧИ** – Ви сте потрошачи који свакодневно купују воћне сокове за своју породицу. Током куповине воћног сока обраћате пажњу на количину састојака написану на декларацији воћног сока. Приметили сте да квалитет сокова не одговара истакнутој декларацији на амбалажи сока. Услед медијског извештавања доведени сте у заблуде и питате се да ли произвођачи крше закон. Желите да се борите за своја потрошачка права.
- **НЕВЛАДИНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ** – Ви сте представници невладине организације Републике Србије чија је основна делатност борба у заштити потрошача. Ваш рад иницира познавање *Правилника о квалитету воћних сокова*. Током свог јавног наступа у медијима штитите потрошача и позивате се на кршење закона од стране индустријских произвођача.
- **ДОКТОРИ** – Ви сте представници лекарске коморе наше земље. Полажући Хипократову заклетву, обавезали сте се на истрајавање у етичком вршењу дужности своје професије. Настојите да истакнете значај употребе воћног сока за здравље појединаца. Међутим, правите јасну разлику између свеже цеђеног воћног сока и индустријски измењеног воћног сока различитим додацима.
- **ПОЉОПРИВРЕДНИЦИ** – Ви сте представници синдиката пољопривредника. Производите велике количине различитих воћних сорти које уколико се не продају на време, углавном пропадају и суочавате се са великим економским губитком. Нисте задовољни откупним ценама коју представници власти нуде. За разлику од њих индустријски произвођачи нуде веће откупне цене воћа које производите.
- **ПРЕДСТАВНИЦИ ВЛАСТИ** – Ви сте представници власти наше земље. Веома вам је стало да истакнете велики значај индустрије у економском и социјалном развоју државе. Развој индустрије зависи од расположивих ресурса, инвестиција, стручности ране снаге и степена технолошког развоја. Поносни сте на оно што је ваша влада постигла током свог мандата рада у области индустријске производње.

Групу ће заступати представник. На основу договора учесника који су чланови групе, представник ће изнети њихов став о теми која је дата. Водитељ ће пре него што отвори дискусију нагласити да свака страна има своје аутентичне ставове и аргументе. Водитељ свима даје прилику да говоре и да се држе теме, без упадања у реч и прекидања представника група. Учесници се могу јавити за реплику. Након што сви учесници изнесу своје ставове водитељ позива експерте – прехранбеног технолога и нутриционисту – дијететичара да учеснике упознају са својим занимањима и пруже одговоре на дилеме у вези с истинама и заблудама о воћним соковима.

Важно је да се све групе учесника усагласе и сложе са крајњим исходом: КОЛИКО ВОЋА ЗАИСТА ИМА У СОКОВИМА КОЈЕ ПИЈЕМО?

Ако је групи потребна додатна помоћ, могу да се поделе листови са идејама.

ЛИСТА ИДЕЈА:

- Већина потрошача редовно конзумира воћне сокове, али мањи број њих обраћа пажњу на количину шећера. Истовремено, многи и даље сматрају да су индустријски сокови у потпуности здрав избор.
- Након конзумирања воћног сока, шећери се брзо апсорбују у организму, што може довести до наглог пораста нивоа шећера у крви.
- Воћни сокови углавном имају виши гликемијски индекс у односу на цело воће, што значи да брже утичу на ниво шећера у крви, иако разлике нису увек велике.
- Током прераде воћа губи се значајан део влакана, па сокови имају мању нутритивну вредност у том погледу у односу на свеже воће.
- Воћни сокови могу бити калорични, па њихово прекомерно конзумирање може допринети повећању телесне масе. Умерен унос је кључан.
- Често и прекомерно конзумирање сокова може негативно утицати на здравље зуба, јер шећери и киселине доприносе оштећењу зубне глеђи и настанку каријеса.
- Иако садрже витамине и минерале, воћни сокови не могу у потпуности заменити свеже воће, пре свега због мањег садржаја влакана и слабијег ефекта ситости.
- Ознака „100 %“ на амбалажи значи да сок не садржи додате шећере, али се често производи од концентрата уз додавање воде, а не искључиво од свеже цеђеног воћа.
- Производња и квалитет воћних сокова регулисани су прописима, који обухватају контролу сировина, технолошког процеса и тачности података на декларацији.
- Поједини произвођачи користе маркетиншке стратегије (атрактиван изглед амбалаже, слике свежег воћа, истицање натписа попут „природно“, или „без додатог шећера“, употребу боја које асоцирају на природу, изглед амбалаже која привлачи потрошаче и слично) како би производ представили квалитетнијим, па је важно пажљиво читати декларацију.
- Воће које се употребљава у индустријској производњи мора бити здраво, зрело и без штетних супстанци, у складу са важећим прописима.

Путовање капљице воде: од извора до будућности

Природа је као огромна књига у којој је записана наука. Она је стално отворена пред нашим очима, али је човек не може разумети уколико претходно не научи језик и слова којим је написана.

Г. Галилеј

Старт

Кликни да започнеш
обуку



Уводна реч

Драги ученици,

Савремени свет нас суочава с великим бројем информација путем медија и окружења у којем живимо, што представља изазов за наше размишљање.

Вештина критичког мишљења кључна је у свим аспектима живота и омогућава нам да пронађемо најбоља решења и да будемо успешни у корак с изазовима у будућности.

Вода је неопходан ресурс живота на Плавој планети. Међутим, проблем недостатка чисте воде велики је изазов широм света. Истраживање и разумевање употребе воде и њеног утицаја на животну средину су кључни за одрживу будућност наше планете.

Хајде заједно да учимо како да развијемо и применимо критичко мишљење у разумевању и решавању релевантних питања за нашу будућност.

Катедра за наставу хемије

HF Хемијски факултет
Универзитет у Београду



Легенда

+ ЗНАЊЕ ПЛУС

+ ОДГОВОР

+ ПРИМЕР



Поља са информацијама:
додатно знање, одговор на питања, пример за вежбање и слично.

Циљеви обуке

Модули

→ Започни модул



Иди на почетак обуке

Иди на почетак модула

Иди уназад

Иди унапред

Поља усмеравања обуке:
циљеви обуке и модули обуке, кретање учесника у оквиру обуке (интеракција с материјалом: иди на почетак обуке, иди на почетак модула, иди уназад, иди унапред)





Индекс

Циљеви обуке

Модули

Клихни и прочитај циљеве обуке, а затим уз помоћ модула покушај да унапредиш своје критичко мишљење



Модули





01

Идентификовање основних знања и вештина



01



Индустријски производни процес

Срце сваке модерне индустрије куца кроз сложене токове природних ресурса, технологија и стручности, што заједно чини основу за економски успех и стабилан раст. Храбри рак симболизује снагу и издржљивост.

Упознајмо индустрију

- Индустрија је делатност у којој се **СИРОВИНЕ** (најчешће **СМЕШЕ** чији су састојци хемијски елементи и хемијска једињења) прерађују у **ПРОИЗВОДЕ** помоћу машина и употребљавају у свакодневном животу.

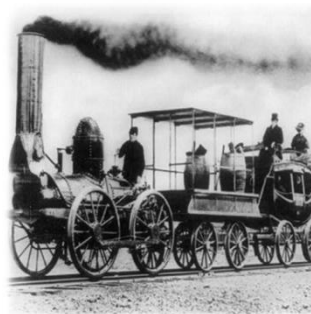
Описани ток индустријских корака (основне фазе и процеси) назива се **ИНДУСТРИЈСКА ПРОИЗВОДЊА**.



Кликни, прочитај и одговори

+ ОДГОВОР

Какве су предности проналаска парне машине у Другој половини 19. века за развој индустријске производње?

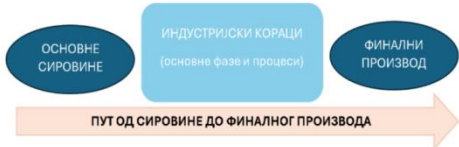


Слика 1. Локомотива на парни погон. Употреба парне машине омогућила је развој индустријске производње.

Индустријски производни процес

Кликни, прочитај и сазнај о ...

+ Индустијска производња + ЗНАЊЕ ПЛУС



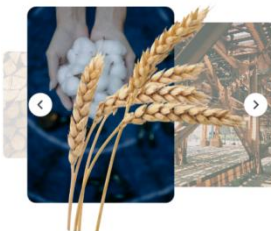
Слика 2. Шематски приказ индустријског производног процеса

Који фактори утичу на индустријску производњу?

Кликни, прочитај и одговори

+ ОДГОВОР

Кликни, погледај слике сировина и њихових готових производа



Галерија 1. Сировине и њихови готови производи

На који начин можемо класификовати индустрију?

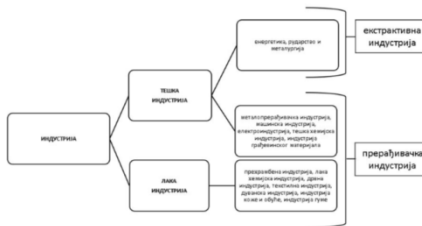
- Према **предмету рада** индустрија се може поделити на екстрактивну и прерађивачку.
- Према **врсти производа** индустрија се може поделити на тешку и лаку.



Кликни, прочитај и одговори
Како се развој тешке индустрије разликује од лаке индустрије у погледу потребних инвестиција и ресурса?

+ ОДГОВОР

Кликни, прочитај, погледај и сазнај



Слика 3. Подела индустрије према предмету и врсти рада

Оцена утемељености тврдње

- Свака изјава је праћена тврдњом.
- У свакодневном животу важно је да одлучиш која тврдња је логички оправдана, пажљиво узимајући у обзир доказе у датом изјави.

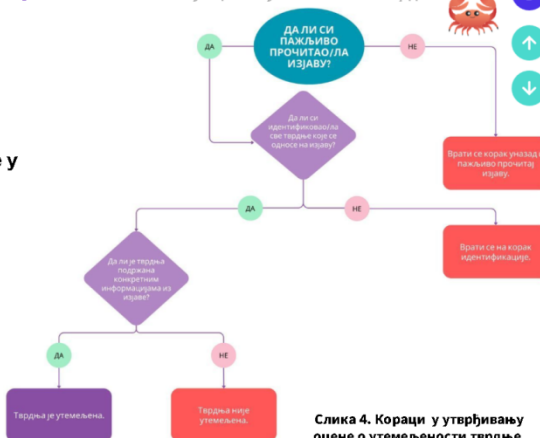


Кликни и увежбај оцену утемељености тврдње

+ ПРИМЕР 1

+ ПРИМЕР 2

Погледај слику корака који ти могу помоћи у оцени о утемељености тврдње



Слика 4. Кораци у утврђивању оцене о утемељености тврдње.



02

Релевантност знања за свакодневни живот и друштво

Powered by
genially



02

Тајне производног процеса

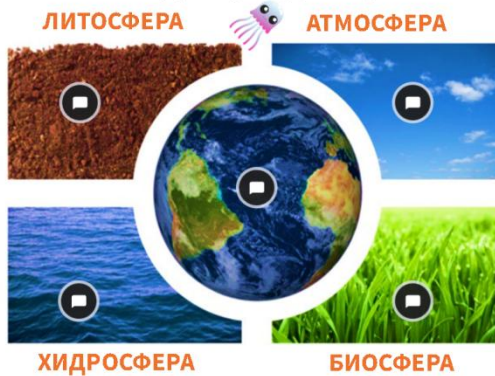
Свака кап воде има своју причу,
пролазећи кроз сложен процес
пре него што стигне до нас.
Медуза, са својом мистичном
лепотом, подсећа нас на значај
сваког гутљаја и његовог
путовања.

Powered by
genially

Упознајмо планету на којој живимо

Клихни, прочитај, погледај и сазнај...

- Површински део наше планете Земље чине четири омотача(сфере).
- Површину планете Земље чине копно и вода.
- Вода покрива око 71 % површине Земље, док на копно одлази 29 %.



Слика 5. Омотачи планете Земље

Powered by
genially

Вода у природи

Вода у природи није чиста супстанца, већ смеша, јер садржи различите растворене супстанце.

Кликни, прочитај и одговори

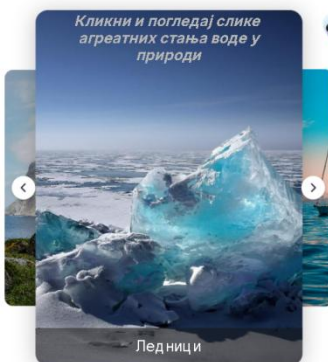
+ одговор

Зашто вода у природи није чиста супстанца?

Кликни, прочитај и сазнај о...

+ ЗНАЊЕ ПЛУС

+ ЗНАЊЕ ПЛУС



Ледници

Галерија 2. Агрегатна стања воде

Који је значај воде?

Кликни и погледај слике које приказују значај воде



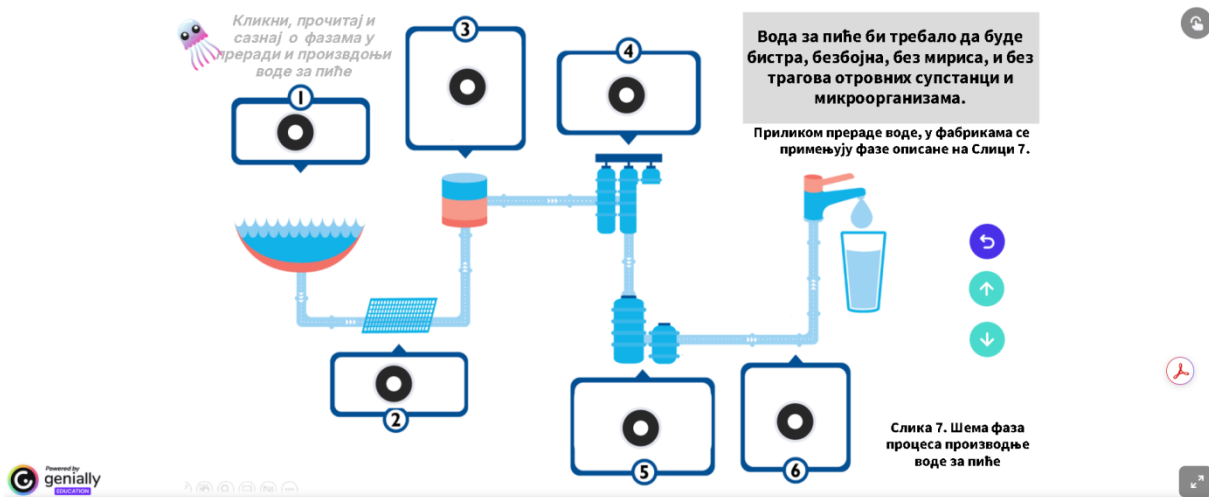
Галерија 3. Значај воде за живи свет

Како се пречишћава вода?

- Најбољи извор воде за пиће су подземне воде.
- Међутим, оне често нису расположиве у довољној количини да би се употребиле.
- Због тога, за пиће се употребљава речна вода.
- Главне фазе у оквиру овог процеса представљене су на слици 6.



Слика 6. Главне фазе процеса пречишћавања воде за пиће



Формулисање хипотезе

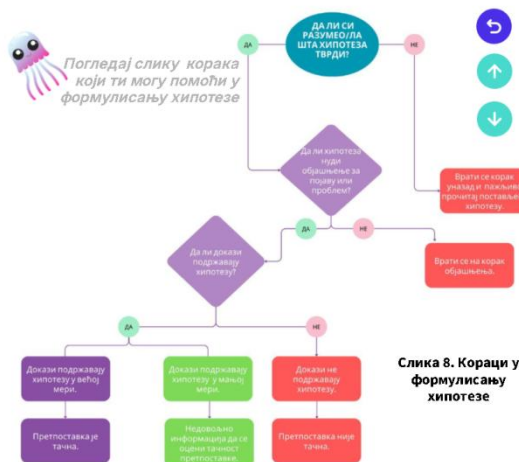
- Хипотеза је конкретно предложено објашњење или претпоставка о томе како нешто функционише или зашто се нешто дешава.
- Она представља почетну идеју, која се користи као основа за извођење закључака о посматраном проблему.



Клики и увекбај формулисање хипотезе

+ ПРИМЕР 1

+ ПРИМЕР 2



Тестирање хипотезе

- Након што је хипотеза постављена, она се тестира.
- У случају да резултати не потврђују хипотезу, она може бити ревидирана или одбачена, што је део процеса формирања мишљења о некој теми.

Клики и увећај тестирање хипотезе

+ ПРИМЕР 1

+ ПРИМЕР 2



Погледај слику корака који ти могу помоћи у тестирању хипотезе



Слика 9. Кораки у тестирању хипотезе



03

Критичко-рефлексивна знања

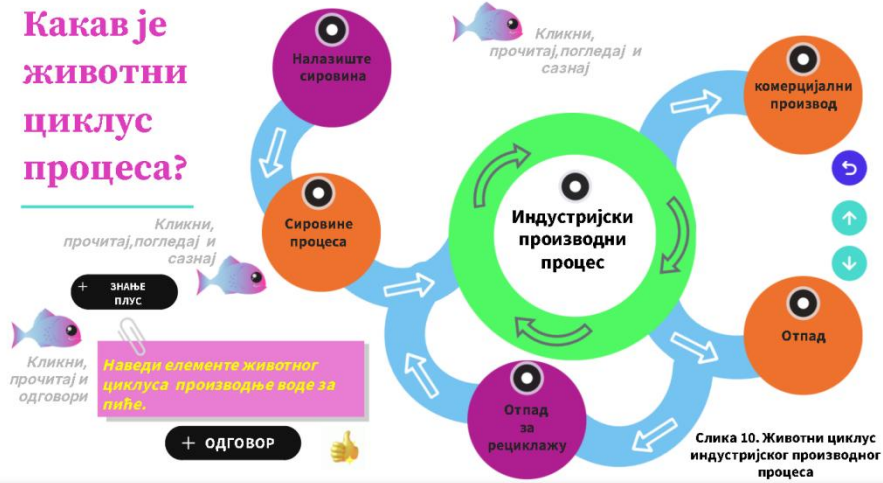
03



Животна прича воде

Раст популације и индустријска производња доносе изазове у вези с повећањем отпада и деловањем хемијских загађивача. Ови загађивачи могу нарушити водене екосистеме, утичући на здравље риба и других водених организама. Прикладљивост коју рибе морају да покажу у овим променљивим условима подсећа нас на важност одговорног управљања отпадом и контроле загађивача. Само на тај начин можемо очувати равнотежу у природи и осигурати здравље наших водених ресурса.

Какав је животни циклус процеса?



Равнотежа у животној средини

Клики, прочитај, погледај и сазнај...

ЗНАЊЕ ПЛУС

ЗНАЊЕ ПЛУС

- Загађујуће супстанце круже у природи и могу прелазити из једне сфере у другу, што негативно утиче на животну средину на локалном и глобалном нивоу испољавајући токсично, алергено, мутагено или канцерогено дејство.

Клики, прочитај и одговори

Зашто је важно обратити пажњу на логотипове на комерцијалним производима?

ОДГОВОР

Слика 11. Ланац процеса загађења

Утицај загађујућих супстанци на човека животну средину

- Феномени који настају као последице негативног утицаја загађујућих супстанци остварују последице на животну средину.



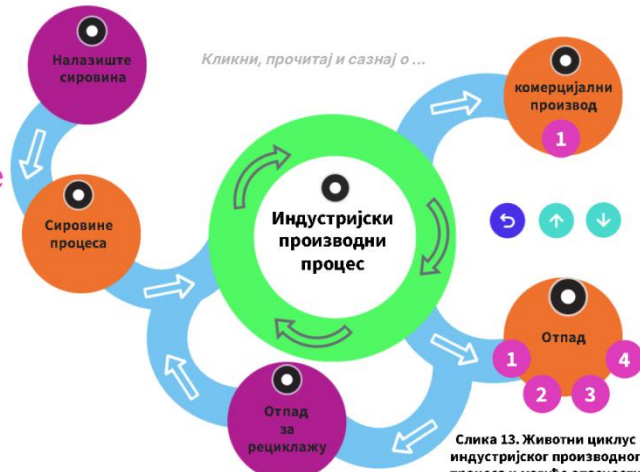
Галерија 4. Утицај загађујућих супстанци на животну средину

Могуће опасности поступка производње

Кликни, прочитај и сазнај

+ ЗНАЊЕ ПЛУС

+ ЗНАЊЕ ПЛУС



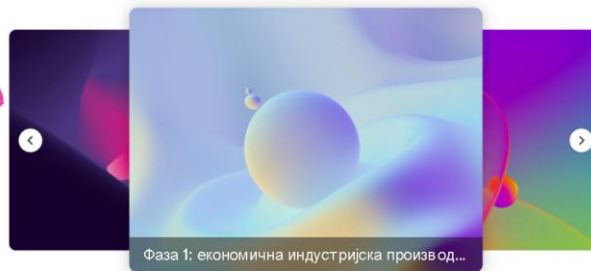
Одрживост у фокусу

- Развој науке, технике и технологије утицао је на животну средину.

Кликни, прочитај и сазнај

+ ЗНАЊЕ ПЛУС

Кликни и погледај слике о фазама које осликавају одрживост индустријског процеса производње....



Галерија 5. Фазе у одрживости индустријске производње



Одрживост у фокусу

Кликни, прочитај и сазнај

+ ЗНАЊЕ ПЛУС



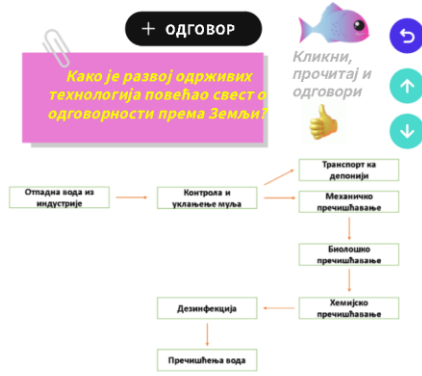
Међународне организације и иницијативе играју кључну улогу у контроли и смањењу штетних хемикалија, помажући државама да поштују и примењују међународне протоколе које су потписале.



Будући изазови

- Загађивање воде опасним отпадом представља озбиљну опасност по животну средину. Када опасан отпад садржи загађујуће супстанце и није адекватно складиштен или заштићен, ризик од загађења воде се значајно повећава.

Ремедијација је мера која се предузима за санацију загађења у животnoj средини у циљу смањења заступљености загађујућих супстанци до минималних количина које не штете животnoj средини.



Слика 23. Процес пречишћавања отпадних вода



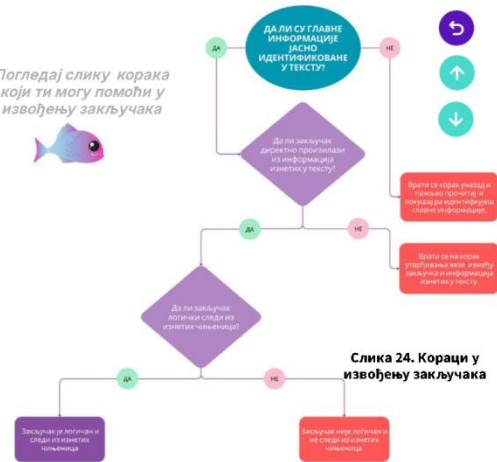
Клихни и погледај анимацију о процесу ремедијације отпадних вода



Извођење закључка

- У закључку се анализирају резултати, проверава да ли су потврдили или оповргли почетну хипотезу проблема, и разматрају могуће последице за будуће примене.
- Закључак помаже да се разуме шта је проблем открио и како се те информације могу даље употребити.

Погледај слику корака који ти могу помоћи у извођењу закључака



Слика 24. Кораци у извођењу закључака

Клихни и увежбај извођење закључака

+ ПРИМЕР 1

+ ПРИМЕР 2



Анализа аргумената

- Анализа аргумената је процес испитивања и оцењивања тврдњи и разлога који подржавају неко мишљење.

Кликни и увек бај анализу аргумената

+ ПРИМЕР 1

+ ПРИМЕР 2

Аргумент је валидан

Аргумент није валидан

Да ли је аргумент на основу постављених критеријума валидан?

Достављени докази нису релевантни и поуздани

Да ли су достављени докази релевантни и поуздани?

Да ли је логична структура аргумената јасна и без грешака?

Да ли се размислило тврдњи и аргуменат?

Да ли је аргумент директно релевантан са постављеним проблемом?

Покушај поново да размотриш тврдњу и аргументе пре него што наставиш.

Размисли како се аргумент може повезати са постављеним тврдњом или проблемом.

Идентификуј решење у логици покушај да му обрисиш или исправљаш.

Погледај слику корака који ти могу помоћи у анализи аргумената

Слика 25. Кораки у анализи аргумената

Хвала што сте похађали курс

"Путовање капљице воде: од извора до будућности".

Надамо се да вам је помогао да унапредите своје вештине критичког мишљења.



Хемијски факултет
Универзитет у Београду

Напомене: за анимацију употребљен дигитални алат Moza3D, анимирани ликови и слике преузете из архиве Genially апликације. Слика фазе процеса пречишћавања воде за пиће преузета из публикације чији је аутор докторанд.

БИОГРАФИЈА



Милош Козић рођен је 4. новембра 1991. године у Београду, где је завршио основну школу и средњу медицинску школу. На Универзитету у Београду – Хемијском факултету, завршио је основне и мастер студије – студијски програм професор хемије. Докторске академске студије, студијски програм Хемија (ужа научна област Настава хемије) уписао је на истом факултету, октобра 2015. године. Његова истраживачка интересовања обухватају контекстуални приступ учењу/настави хемије, са акцентом на индустријску и примењену хемију. Занима се за медицинску биохемију и патобиохемију. Учествовао је у раду Студентског парламента, Волонтерског центра, Центра за научно истраживачки рад Универзитета у Београду-Хемијског факултета. Од 2012. до 2015. године, у два мандата био је изабран за Студента продекана Универзитета у Београду-Хемијског факултета. За допринос популаризацији хемије међу ученицима, добио је похвалницу Универзитета у Београду – Хемијског факултета 2014. године. Члан је Српског хемијског друштва, где је од 2015. године председник Наставне секције и учествује у радној групи за реформу наставе хемије. Коаутор је научних радова и саопштења са међународних и националних скупова у области методике наставе хемије. Коаутор је две публикације за основну школу (Уџбенички комплет ИК Клетт – Хемија за 7. разред) и аутор збирке задатака за завршни испит у основној школи (Едиција - Вежбам за Малу матуру, ИК Креативни центар). Носилац је Медаље за изванредне резултате у настави коју му је Српско хемијско друштво доделило за 2024. годину. Спољни је сарадник Завода за вредновање квалитета образовања и васпитања и Завода за унапређење образовања и васпитања. Данас је стално запослен као професор хемије, са звањем Педагошког саветника у ОШ „Уједињене нације“ у Београду.

Списак радова и саопштења проистеклих из дисертације

Радови у међународним часописима

M21

1. Kozić, M., and Trivic, D. D. (2026). The impact of multimedia-based instruction on critical thinking development in chemistry education: a study on water industrial production and purification. *Research in Science and Technological Education*, 1-22. <https://doi.org/10.1080/02635143.2026.2644976>

M23

1. Kozić, S.M., and Trivic, D.D. (2022). The waterworks: A context for understanding chemistry concepts in the seventh grade of primary school. *Journal of Baltic Science Education*, 21(6A), 1165-1180. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.1165>

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34)

1. Miloš S. Kozić, Dragica D. Trivić (2022). Chemistry teachers' attitudes on industrial and applied chemistry as contexts for learning chemistry in primary and secondary school. *NEW HORIZONS IN EDUCATION*, University of Belgrade, Teacher Education Faculty, 28 May, Book of Abstracts, 54-55.

Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу (M64)

1. Милош С. Козић, Драгица Д. Тривић (2024). *Индустријски хемијски процеси као контекст за учење хемије – изазови, перспективе и препоруке за наставу хемије*. Априлски дани о настави хемије, 33. Априлски дани о настави хемије, 33. Стручно усавршавање за наставнике хемије и 5. Конференција методике наставе хемије, Српско хемијско друштво, 24-25. Април 2024, Универзитет у Београду -Хемијски факултет, Београд, Књига извода, 30.
2. Милош С. Козић, Драгица Д. Тривић (2024). *Да ли су четрнаестогодишњаци спремни да се суоче са изазовима повезаним са индустријским производним процесима и утицајима тих процеса на животну средину*. Априлски дани о настави хемије, 33. Априлски дани о настави хемије, 33. Стручно усавршавање за наставнике хемије и 5. Конференција методике наставе хемије, Српско хемијско друштво, 24-25. Април 2024, Универзитет у Београду -Хемијски факултет, Београд, Књига извода, 31.
3. Милош С. Козић, Драгица Д.Тривић (2023). *Шта основци мисле о садржајима индустријске и примењене хемије у настави хемије*. Априлски дани о настави хемије, 30. Априлски дани о настави хемије, 32. Стручно усавршавање за наставнике хемије и 4. Конференција методике наставе хемије, Српско хемијско друштво, 24-25. Април 2023, Универзитет у Београду -Хемијски факултет, Београд, Књига извода, 24.
4. Милош С. Козић, Драгица Д. Тривић (2023). *Ставови осмака о учењу хемије у оквиру виртуелне посете прехрамбеној индустрији и производњи воћних сокова*. Априлски дани о настави хемије, 32. Стручно усавршавање за наставнике хемије и 4. Конференција методике наставе хемије, Српско хемијско друштво, 24-25. Април 2023, Универзитет у Београду -Хемијски факултет, Београд, Књига извода, 25.

5. Милош С.Козић, Драгица Д.Тривић (2019). *Водовод као контекст за унапређивање знања о смешама, поступцима за раздвајање састојака смеша и пречишћавању воде*. Априлски дани о настави хемије, 30. Стручно усавршавање за наставнике хемије и 3. Конференција методике наставе хемије, Српско хемијско друштво, 24-25. април, Универзитет у Београду - Хемијски факултет, Књига извода, 28.

ИЗЈАВЕ

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Милош С. Козић

Број индекса: ДХ18/2015

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

Ефекти наставе и учења хемије у основној школи у контексту индустријских производних процеса

- 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 кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора:

У Београду,

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Милош С. Козић

Број индекса: ДХ18/2015

Студијски програм: Хемија

Наслов рада: Ефекти наставе и учења хемије у основној школи у контексту индустријских производних процеса

Ментор: др Драгица Тривић, редовни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања 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,

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Ефекти наставе и учења хемије у основној школи у контексту индустријских производних процеса

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла 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 одлучио/ла.

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).

У Београду,

Потпис аутора:

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 прерада. 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 прерада. 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.