

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

Катарина Б. Путица

**КОНТЕКСТУАЛНИ ПРИСТУП НАСТАВИ  
ОРГАНСКЕ ХЕМИЈЕ У ГИМНАЗИЈИ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ СМЕРА**

докторска дисертација

Београд, 2017

UNIVERZITET U BEOGRADU

HEMIJSKI FAKULTET

Katarina B. Putica

**KONTEKSTUALNI PRISTUP NASTAVI  
ORGANSKE HEMIJE U GIMNAZIJI  
PRIRODNO-MATEMATIČKOG SMERA**

doktorska disertacija

Beograd, 2017

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF CHEMISTRY

Katarina B. Putica

**CONTEX-BASED APPROACH TO ORGANIC  
CHEMISTRY TEACHING IN GRAMMAR  
SCHOOL THE NATURAL SCIENCES  
STREAM**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2017

Ментор

Др Драгица Тривић, ванредни професор  
Хемијски факултет Универзитета у Београду

Чланови комисије

Др Душан Сладић, редовни професор  
Хемијски факултет Универзитета у Београду

Др Слађана Анђелковић, ванредни професор  
Географски факултет Универзитета у Београду

Датум одбране

*Ова докторска дисертација урађена је при Катедри за наставу хемије Хемијског факултета Универзитета у Београду, под менторством др Драгице Тривић, ванредног професора Хемијског факултета.*

*Ментору, др Драгици Тривић, захваљујем се на сарадњи током израде ове дисертације.*

*Од срца се захваљујем др Слађани Анђелковић, ванредном професору Географског факултета, на многобројним, изузетно корисним саветима за унапређење ове дисертације, а пре свега на указаном поверењу и топлој људској подршци коју је имала за мене.*

*Најискреније се захваљујем др Душану Сладићу, редовном професору Хемијског факултета, на томе што је пристао да буде члан комисије за одбрану ове дисертације, исцрпним корисним саветима за њено унапређење, као и поверењу које ми је указао.*

*Дубоко се захваљујем др Биљани Томашевић и Игору Матијашевићу, који су уз мене били од почетка израде ове дисертације и кроз своју искрену и непрекидну подршку ми дали снаге да је приведем крају.*

*Неизмерно се захваљујем свим наставницима који су учествовали у експериментима, на поверењу и подршци коју су ми указали, као и њиховим ученицима који су пристали да у експериментима учествују.*

*Највећу захвалност дугујем својој породици без чије помоћи у научној и сваком другом смислу, израда ове дисертације не би била могућа.*

## Контекстуални приступ настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера

### Извод

У ситуацији када готово свакодневно долази до нових научних и технолошких открића, научна писменост, која подразумева концептуално разумевање и способност примене научних знања приликом решавања проблема из реалног живота, препозната је као једна од кључних компетенција која се мора развити код ученика. У оквиру развоја научне писмености, једну од примарних ставки представља подстицање концептуалног разумевања и формирања функционалих знања органске хемије.

Резултати међународних PISA тестирања показали су да је научна писменост већине новоуписаних средњошколаца у нашој земљи, укључујући и ученике гимназије природно-математичког смера врло слаба, или у потпуности изостаје. Последице, неопходно је унапредити наставу природних наука, а тиме и наставу органске хемије, у гимназији природно-математичког смера, како би се ученици припремили за квалитетан живот у савременом свету, али и за високе захтеве универзитетског образовања у области природних наука које им предстоји.

Контекстуални приступ настави у оквиру кога ученици стичу нова знања кроз примере примене знања у реалном животу је током последњих десетак година широм света препознат као једно од потенцијално најефективнијих начина за подстицање концептуалног разумевања и функционализацију знања природних наука. Будући да се ново градиво у оквиру реалних ситуација може презентовати на различите начине, у оквиру ове дисертације испитали смо да ли примена два специфична облика контекстуалног приступа настави, когнитивног шегртовања и интердисциплинарног приступа настави, може да допринесе бољем концептуалном разумевању и бољој функционализацији градива органске хемије код ученика гимназије природно-математичког смера у односу на традиционални приступ настави.

Ради испитивања ефективности сваког од наведених облика контекстуалног приступа настави органске хемије спроведен је педагошки експеримент с паралелним групама. Експеримент којим је испитана ефективност когнитивног шегртовања спроведен је у оквиру обраде наставне теме *Карбоксилне киселине и њихови деривати* и у њему је учествовао 241 ученик трећег разреда гимназије природно-математичког смера (118 ученика у експерименталној и 123 ученика у контролној групи). Експеримент којим је испитана ефективност интердисциплинарног приступа настави спроведен је у оквиру обраде наставне теме *Варење* и у њему је учествовало 258 ученика четвртог разреда гимназије природно-математичког смера (125 ученика у експерименталној и 133 ученика у контролној групи).

На почетку сваког експеримента, у оквиру иницијалног тестирања, проверени су ниво и уједначеност предзнања ученика из експерименталне и контролне групе о наведеним наставним темама. Притом је као инструмент коришћен улазни тест, у оквиру кога су задаци били конципирани по угледу на задатке у уџбеницима хемије за гимназију природно-математичког смера, тј. тако да су проверавали искључиво дисциплинарна академска знања. У оба експеримента, резултати иницијалног тестирања показали су да су ученици из експерименталне и контролне групе имали релативно уједначен ниво предзнања о наставној теми *Карбоксилне киселине и њихови деривати*, односно, *Варење*.

По завршетку обраде наставних тема, која се с ученицима из експерименталне групе заснивала на принципима различитих облика контекстуалног приступа настави, а с ученицима из контролне групе на принципима традиционалне наставе, ефективност когнитивног шегртовања, односно интердисциплинарног приступа настави, и традиционалног приступа настави, упоређена је у оквиру завршног тестирања. Притом је као инструмент коришћен завршни тест, у оквиру кога су задаци били конципирани тако да захтевају концептуално разумевање и примену знања из наведених наставних тема у реалном животу.

У оквиру оба експеримента ученици из експерименталне групе остварили су статистички значајно већи укупан проценат тачних одговора на завршном тесту, као и статистички значајно већи број тачних одговора на већини задатака из овог теста, у односу на ученике из контролне групе. На основу добијених резултата, наставницима хемије у гимназији природно-математичког смера можемо препоручити да у будућности когнитивно шегртовање и интердисциплинарни приступ буду више заступљени у настави органске хемије, јер ће на тај начин подстаћи боље концептуално разумевање и бољу функционализацију градива из ове области хемије, а тиме допринети и развоју научне писмености својих ученика.

**Кључне речи:** научна писменост, настава органске хемије у гимназији природно-математичког смера, контекстуални приступ настави, когнитивно шегртовање, интердисциплинарни приступ настави

Научна област: Организација васпитања и образовања

Ужа научна област: Облици наставе

УДК број: 371. 31

## **Context-based approach to organic chemistry teaching in grammar school the natural sciences stream**

### **Abstract**

In a situation where new scientific and technological discoveries occur on daily basis, scientific literacy, which presupposes conceptual understanding and the ability to apply scientific knowledge in order to solve real-life problems, has been recognized as one of the key competencies that the students need to develop. Within the development of students' scientific literacy, promotion of conceptual understanding and formation of functional organic chemistry knowledge represent some of the key features.

The results of the international PISA tests indicate that the scientific literacy of the majority of our students upon entering high-school, grammar school the natural sciences stream included, is very low, or completely absent. Consequently, it is necessary to improve the way in which natural sciences, and organic chemistry among them, are taught in order to prepare the students of grammar school the natural sciences stream for the life in modern world, as well as the challenges of the university education in the field of natural sciences, which awaits them.

Context-based approach, within which students acquire new knowledge through the examples of its application in real life, over the past ten years all around the world has been recognized as one of the potentially most effective tools for promoting the conceptual understanding and functionalization of knowledge of natural sciences. Given that new knowledge can be presented within the framework of authentic contexts in different ways. Within this dissertation we aimed to determine whether the implementation of the two specific forms of the context-based approach, the cognitive apprenticeship and the interdisciplinary teaching approach can contribute to better conceptual understanding and better functionalization of organic chemistry knowledge of grammar school the natural sciences stream students in comparison to the traditional teaching approach.

In order to determine the effectivity of each of the two forms of the context-based approach, a pedagogical experiment with parallel groups has been conducted. The experiment within which the effectivity of the cognitive apprenticeship was examined, has been conducted within the framework of the elaboration of the teaching topic *Carboxylic acids and their derivatives* and it encompassed 241 third year grammar school the natural science stream students (118 students in the experimental and 123 students in the control group). The experiment within which the effectivity of the interdisciplinary approach was checked, has been conducted within the framework of the elaboration of the teaching topic *Digestion* and it encompassed 258 fourth year grammar school the natural science stream students (125 students in the experimental and 133 students in the control group).



At the beginning of each experiment, the evenness of the level of the previously acquired knowledge concerning the selected teaching topics of the students in the experimental and control group, has been examined by means of initial testing. The pre-test was used as the instrument for initial testing and it encompassed items that resembled items found in chemistry textbooks for grammar school the natural sciences stream, which exclusively checks academic disciplinary knowledge. The results of initial testing in both experiments showed that the students in the experimental and control group possessed relatively equal level of previously acquired knowledge concerning teaching topics *Carboxylic acids and their derivatives* and *Digestion*.

Upon completing the elaboration of the selected teaching topics, which was based on the application of the aforementioned forms of the context-based approach with the students in the experimental group, whilst with the students in the control group it was based on the traditional teaching approach, the effectivity of the cognitive apprenticeship/the interdisciplinary approach and traditional teaching, has been compared by means of final testing. The post-test was used as the instrument for final testing and it contained the items that required conceptual understanding and the application of the knowledge from the aforementioned teaching topics in solving real-life problems.

Within both experiments, the students in the experimental group achieved statistically significant higher overall percentage of correct answers in the post-test, as well as statistically significant higher number of correct answers for the majority of items in this test. On the basis of these results, grammar school natural sciences stream chemistry teachers can be advised to introduce cognitive apprenticeship and interdisciplinary approach into their organic chemistry teaching practice, since in this way they will promote better conceptual understanding and better functionalization of knowledge of this branch of chemistry and consequently improve scientific literacy of their students.

**Key words:** scientific literacy, organic chemistry teaching in grammar school the natural sciences stream, context-based approach, cognitive apprenticeship, interdisciplinary teaching approach.

Scientific field: Education

Field of Academic Expertise: Forms of teaching

UDC Number: 373. 31

## САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
1. 1. Предмет, циљ и задаци истраживања .....	7
2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО .....	10
2. 1. Контекстуални приступ настави природних наука .....	11
2. 2. Когнитивно шегртовање .....	14
2. 2. 1. Примена когнитивног шегртовања у настави природних наука .....	19
2. 3. Интердисциплинарни приступ настави .....	21
2. 3. 1. Специфични модели организације интердисциплинарне наставе .....	24
2. 3. 1. 1. <i>Интердисциплинарна тимска настава</i> .....	24
2. 3. 1. 2. <i>Интердисциплинарна пројекатска настава</i> .....	25
2. 3. 2. Примена интердисциплинарног приступа у настави посвећеној здравој исхрани ..	26
3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА .....	29
3. 1. Методологија истраживања којим су испитани ефекти примене когнитивног шегртовања у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера .....	30
3. 1. 1. Предмет, циљ и организација истраживања.....	30
3. 1. 2. Узорак истраживања.....	32
3. 1. 3. Организација наставе с ученицима из експерименталне и контролне групе .....	34
3. 1. 4. Инструменти истраживања .....	43
3. 1. 4. 1. <i>Иницијални тест</i> .....	46
3. 1. 4. 2. <i>Завршни тест</i> .....	49
3. 1. 4. 3. <i>Валидност и поузданост инструмената истраживања</i> .....	53
3. 1. 5. Статистичка обрада података .....	54
3. 2. Методологија истраживања којим су испитани ефекти примене интердисциплинарног приступа у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера.....	55
3. 2. 1. Предмет, циљ и организација истраживања.....	55
3. 2. 2. Узорак истраживања.....	56
3. 2. 3. Организација наставе с ученицима из експерименталне и контролне групе .....	57
3. 2. 3. 3. <i>Интердисциплинарни текстуални материјал о процесу варења</i> .....	65
3. 2. 4. Инструменти истраживања .....	86

3. 2. 4. 1. Иницијални тест .....	87
3. 2. 4. 3. Завршни тест .....	90
3. 2. 4. 3. Валидност и поузданост инструмената истраживања .....	96
3. 2. 5. Статистичка обрада података .....	97
<b>4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА .....</b>	<b>98</b>
4. 1. Резултати и дискусија истраживања којим су испитани ефекти примене когнитивног шегртовања у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера .....	99
4. 1. 1. Резултати иницијалног теста .....	99
4. 1. 2. Резултати завршног теста.....	103
4. 2. Резултати и дискусија истраживања којим су испитани ефекти примене интердисциплинарног приступа у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера .....	109
4. 2. 1. Резултати иницијалног теста .....	109
4. 2. 2. Резултати завршног теста.....	112
<b>5. ЗАКЉУЧАК.....</b>	<b>117</b>
5. 1. Завршне напомене.....	126
<b>6. ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>128</b>

# 1. УВОД

У свету у коме готово свакодневно долази до нових научних и технолошких открића, научна писменост, која подразумева концептуално разумевање и способност примене научних знања приликом решавања проблема у реалном животу и доношења одлука на личном и глобалном нивоу, представља једну од кључних компетенција која се мора развити код ученика (American Association for the Advancement of Science (AAAS), 1993; OECD, 2009; EURYDICE, 2011). Оспособљавање ученика за прилагођавање сталним научно-технолошким променама захтевало је реформу образовних система, која се током претходних двадесетак година широм света огледала у организовању наставе у складу с конструктивистичким приступом учењу. Конструктивизам ученике ставља у позицију активних учесника у процесу учења, развија њихово критичко мишљење, а пре свега их подстиче да знања која формирају током процеса наставе примене у реалним животним ситуацијама (Elkind, 2004).

У нашој земљи, у оквиру *Стратегије развоја образовања у Србији до 2020. године*, такође је препозната потреба за коренимом реформом система образовања, који је у свом тренутном стању окарактерисан као затворен у себе, односно, у потпуности одвојен од свог окружења. Насупрот томе, његов циљ мора бити да ствара модерно образовану, креативну, за учење мотивисану популацију, која је оспособљена за примену стечених знања у свету који је окружује. Пошто је препознато да је квалитет образовних постигнућа наших ученика потребно пратити и кроз њихове резултате на међународним тестирањима, као једна од полазних тачака за реформе везане за наставу природних наука предложене у оквиру ове стратегије, наведена су постигнућа наших ученика у области научне писмености на међународним PISA (Programme for International Student Assessment) тестирањима (*Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године*, 2012).

Специфичност PISA тестирања кога су 2000. године покренуле земље чланице OECD-а (енгл. Organization for Economic Co-operation and Development) је управо у томе што се њима не проверава у којој мери су ученици способни да репродукују школско градиво, већ у којој мери су оспособљени да знања која су кроз наставу стекли користе у решавању релевантних проблема из реалног живота, даљем школовању и будућем професионалном ангажовању (Baucal & Pavlović-Babić, 2010). Другим речима, нагласак је

на функционалним знањима, због чега су сви задаци у оквиру PISA тестова везани за реалне животне ситуације у којима се ученици могу наћи. Последице, постигнућа на овим тестовима представљају један од кључних показатеља оспособљености ученика да знања из области природних наука примењују у различитим ситуацијама из реалног живота.

Постигнућа ученика на PISA тестирањима саопштавају се на скали научне писмености која је подељена на шест нивоа према растућој комплексности захтева и стандардизованој тако да је аритметичка средина 500, а стандардна девијација 100 (Табела 1). На тај начин се омогућава поређење постигнућа ученика једне земље из циклуса у циклус (истраживачки циклуси се организују сваке треће године), као и поређење постигнућа ученика из различитих образовних система.

**Табела 1.** Опис постигнућа по нивоима скале научне писмености на PISA тестирањима

Ниво	1	2	3	4	5	6
<b>Карактеристике захтева нивоа</b>	На првом нивоу, ученици имају ограничен обим научних знања која могу да примене у малом броју добро познатих ситуација. Они могу да дају научна објашњења која су очигледна и заснована на експлицитно датим подацима.	Научна знања са другог нивоа омогућавају ученицима да дају вероватна објашњења у познатом контексту, или да изводе закључке на основу једноставних истраживања. У стању су да директно закључују и дословно интерпретирају резултате научних истраживања, или решавања технолошких проблема.	На трећем нивоу, ученици могу да препознају јасно описана научна питања у различитим контекстима. Могу да изабери одговарајуће чињенице и знања да би објаснили појаве, као и да примене једноставне моделе, или истраживачке стратегије. На овом нивоу ученици могу да интерпретирају и користе научне концепте из различитих дисциплина и да их директно примењују. Такође, могу да формулишу кратка тврђења користећи чињенице и да доносе одлуке	На четвртм нивоу, ученици успешно решавају ситуације и питања која се односе на експлицитне појаве и у којима се очекује да увиде значај науке и технологије. Врше избор и међусобно повезују објашњења из различитих научних или технолошких дисциплина и директно повезују ова објашњења с различитим аспектима реалних ситуација. На овом нивоу ученици процењују сопствене активности и саопштавају одлуке	На петом нивоу ученици могу да препознају научне елементе у многим сложеним ситуацијама из реалног живота, да примењују научне концепте и методолошка знања у тим ситуацијама, као и да пореде, издавају и критички разматрају одговарајуће научне податке како би објаснили ситуације из реалног живота. У стању су да користе добро развијене истраживачке способности, да коректно повезују знања и	На шестом нивоу, ученици доследно могу да препознају, дају објашњења и примењују научна и технолошка знања у широком распону ситуација из реалног живота. Они могу да повезују различите изворе података с објашњењима и да користе доказе из тих извора како би образложили одлуке. Недвосмислено и доследно показују више облике научног мишљења и резонувања и спремни су да користе сопствено разумевање научних проблема да би

			засноване на научним знањима.	засноване на научним знањима и подацима.	критичке увиде. Објашњења заснивају на аргументима, а аргументе заснивају на критичкој анализи.	подржали решења недовољно познатих научних и технолошких ситуација. Устају су да користе научна знања и да развијају аргументе како би оправдали препоруке и одлуке које се односе на личне, друштвене или глобалне ситуације
<b>Доња граница нивоа у бодовима</b>	335	409	484	559	633	708

Према резултатима PISA тестирања из 2009. године, 34,4% ученика из Србије, односно сваки трећи ученик, по постигнућима није досегао трећи ниво скале научне писмености, због чега се у овој области сматра функционално неписменим. С друге стране, број ученика који су достигли највише нивое постигнућа у овој области био је поражавајуће низак: на петом нивоу било је свега 1% ученика, док највиши, шести ниво, није досегао ниједан ученик (Baucal & Pavlović-Babić, 2010). У истраживачком циклусу PISA 2012, у области научне писмености, ученици из Србије су у просеку постигли 445 поена. У односу на 2009 годину, научна компетенција наших ученика је виша за око 2 поена, што није статистички значајно. У односу на OECD земље, наведена вредност нижа је за око 60 поена, што одговара ефекту од 1,5 године школовања у овим земљама. Пошто нису достигли трећи ниво постигнућа на скали научне писмености, 35% наших ученика се може сматрати функционално неписменим, док је највише нивое постигнућа поново достигао занемарљиво мали број ученика (1,7% ученика достигло је пети, а свега 0,1% ученика шести ниво постигнућа) (Baucal & Pavlović-Babić, 2013). Имајући у виду чињеницу да су ученици који су достигли највише нивое постигнућа у области научне писмености кључни за будући развој једног друштва, од највеће је важности да се број таквих ученика у Србији што пре повећа, а број функционално неписмених ученика што пре драстично смањи (Baucal & Pavlović Babić, 2010; 2013).

Иако Србија није учествовала у PISA тестирању спроведеном 2015. године, сматрамо да је оправдана бојазан да се резултати наших ученика у области научне писмености у том истраживачком циклусу не би значајно разликовали од резултата из 2009. и 2012. године.

Ученици који се у области научне писмености сматрају функционално неписменим, у најбољем случају, имају веома ограничено знање из области природних наука које су способни да примене у малом броју познатих ситуација. Такође, у стању су да пруже научно објашњење неког феномена, само ако оно експлицитно следи из понуђених информација. Уколико се њихова научна писменост не унапреди, ови ученици неће бити у стању да разумеју понуђене аргументе у дискусијама које се у јавности воде поводом различитих питања од општег интереса, као што су очување животне средине, примена нових недовољно испитаних лекова у медицинске сврхе, примена нових технологија у свакодневном животу, развој образовања. Због тога ће одлуке везане за ова важна животна питања доносити на основу научно неутемељених предубеђења и утиска које људи који у јавности заступају поједине опције својим реторичким вештинама изазивају. Одлуке донете на овај начин, због неразумевања саме суштине проблема који се разматра, негативно ће се одразити на квалитет живота њих самих, као и људи у њиховом окружењу, а могу имати и врло опасне последице (нпр. коришћење недовољно испитаног лека који се интензивно рекламира у средствима јавног информисања може озбиљно да угрози њихово или здравље њихових ближњих) (Baucal & Pavlović-Babić, 2010).

Научно неписмени ученици, али и ученици на нижим нивоима научне писмености, који, као што се може видети, чине већину ученика у Србији, суочиће се и с великим проблемима у даљем образовању, што представља велики изазов за наставнике предмета из области природних наука у средњим школама. Наиме, PISA тестирања намењена су просечним ученицима једне земље старости петнаест година. Ученици овог узраста у нашој земљи су, или пред уписом, или су тек уписали неку од средњих школа. Будући да је научна писменост већине новоуписаних средњошколаца, међу којима су и ученици гимназија природно-математичког смера, врло слаба или у потпуности изостаје, неопходно је развити поступке за унапређивање средњошколске наставе природних наука, чија би имплементација довела до повећања ученичке научне писмености. То се посебно односи на наставу природних наука у гимназијама природно-математичког смера, од које се очекује да ученике припреми за квалитетан живот у савременом свету, али и за високе захтеве универзитетског образовања у овој области, које им предстоји. Ово је у потпуности у складу са закључцима *Стратегије развоја образовања у Србији до 2020. године*, у оквиру којих је наведено да тренутни квалитет гимназијског образовања у нашој земљи није довољно добар, што за последицу има недовољно добру припрему гимназијалаца за наставак школовања у високом образовању. Гимназије су, генерално, препознате као образовне институције које су најмање биле обухваћене реформским токовима у претходних 20 година, због чега су корените промене у њиховом функционисању нужне. Препоручено је да промене квалитета гимназијског учења и наставе, између осталог, морају почивати на увођењу метода учења/наставе које развијају компетенције потребне за живот у савременом друштву и припремају ученике за лакше прилагођавање сталним научно-технолошким променама. Квалитет рада гимназијских



наставника се мора унапређивати кроз упознавање таквих метода учења/наставе, како у оквиру иницијалног образовања, тако и семинара за стручно усавршавање наставника. Квалитет ученичких постигнућа се, пак, мора мерити у односу на стандарде ученичких постигнућа уопштено, али и на новоу појединачних предмета. У документу под називом *Образовање у Србији: Како до бољих резултата* (Национални просветни савет, 2011), као једна од смерница за дефинисање општих стандарда постигнућа ученика током школовања у гимназији наводи се захтев да се у оквиру наставе природних наука код ученика мора развити научна писменост која се састоји у познавању и разумевању основних система појмова у тим наукама, у усвајању образаца мишљења својственог науци и основних компетенција, укључујући и разумевање и основну примену научних и експерименталних метода.

У оквиру развоја ученичке научне писмености, једну од кључних ставки представља подстицање бољег разумевања и боље функционализације знања из органске хемије. Органска хемија има огроман економски значај и представља важан део свакодневног живота. Истраживања су, међутим, показала да ученици средњих школа широм света органску хемију сматрају апстрактним предметом (Bailey & Bailey, 1971; Beasley, 1980; O'Dwyer & Childs, 2014), чије је градиво тешко за разумевање (Woјczuk, 1982; Ratcliffe, 2002; Jimoh, 2005; Childs & Sheehan, 2009). Када су у питању конкретни сегменти градива органске хемије с чијим разумевањем средњошколци имају највише проблема, установљено је, нпр., да велики број њих не разуме утицај различитих функционалних група у молекулима органских једињења на физичка својства ових једињења. Наиме, иако су у стању да препознају различите функционалне групе, ученици не успевају да разумеју њихов утицај на температуру кључања или растворљивост различитих органских једињења у води (Akkuzu & Uyulgan, 2015). Поред тога, ученици су проблеми средњошколаца да разумеју појмове електрофил и нуклеофил (Akkuzu & Uyulgan, 2015), као и проблеми с разумевањем повезаности ових појмова с кисело-базним својствима органских једињења (Cartrette & Mayo, 2011; Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014). Због тога је препоручено да се у оквиру наставе о кисело-базним својствима органских једињења она повежу с појмовима електрофил и нуклеофил при разматрању реакционих механизма различитих хемијских реакција из области органске хемије. Овде је, међутим, проблем то што средњошколци често не разумеју механизме хемијских реакција у области органске хемије (Akkuzu & Uyulgan, 2015).

Низак ниво концептуалног разумевања градива органске хемије првенствено је последица учења напамет, тј. меморисања нових знања без њиховог повезивања с претходно стеченим знањима (Bretz, 2001; Novak, 2002; Grove & Bretz, 2012). Ово је, пак, последица саме концепције традиционалне наставе органске хемије, која уместо на повезивање новог градива с претходно стеченим знањима, критичко размишљање и проналажење различитих путева за решавање комплексних проблема из реалног живота,

ученике подстиче на репродукцију градива и усвајање алгоритама за решавање ограниченог броја типичних академских проблема из уџбеника (Nakhleh, 1993; Sanger, 2005; Duffy, 2006).

Став средњошколаца да органска хемија нема много додирних тачака с реалним животом, такође је последица концепције традиционалне наставе органске хемије, која је веома слабо повезана с реалним животом и углавном се своди на излагање обимних академских знања (Ebenezer & Zoller, 1993; Aikenhead, 2006; Van Berkel *et al.*, 2009). Услед овакве организације наставе код ученика се не развија свест о томе када се и на који начин знања из органске хемије могу користити у реалном животу, што отежава функционализацију тих знања (O'Dwyer & Childs, 2011) и смањује ученичку мотивацију за учење органске хемије (Vaino *et al.*, 2012; Linnenbrink-Garcia *et al.*, 2013). С друге стране, стицање нових знања у оквиру аутентичних наставних ситуација код ученика подстиче мотивацију за учење природних наука (Osborne *et al.*, 2003; Vaino *et al.*, 2012; Linnenbrink-Garcia *et al.*, 2013), али и боље концептуално разумевање научних знања (Winther & Volk, 1994; Newmann *et al.*, 1995; Demircioglu *et al.*, 2009; Schwartz-Bloom *et al.*, 2011; Godin *et al.*, 2014). Додатно, ученици који су нова знања стекли кроз примере њихове примене у реалном животу, оспособљенији су за примену знања у пракси (Dennen & Bruner, 2008).

## 1. 1. Предмет, циљ и задаци истраживања

Контекстуални приступ настави (engl. context-based approach), препознат је као један од потенцијално најефективнијих наставних приступа за подстицање концептуалног разумевања и функционализације знања природних наука. Будући да се градиво у оквиру аутентичних контекста може презентовати на различите начине, нашу пажњу су привукла два специфична облика контекстуалног приступа настави, когнитивно шегртовање и интердисциплинарни приступ настави.

У литератури је тренутно доступан мали број експерименталних истраживања којима су испитани ефекти примене различитих облика контекстуалног приступа у настави хемије. Ово се посебно односи на средњошколску наставу органске хемије, у оквиру које до сада није спроведен ниједан педагошки експеримент с паралелним групама, којим су испитани ефекти примене когнитивног шегртовања, односно, интердисциплинарног приступа настави.

Имајући у виду потребу да се код наших ученика гимназије природно-математичког смера унапреде концептуално разумевање и функционизација градива органске хемије, ради њихове боље оспособљености за живот у савременом свету, али и

боље припремљености за савладавање изазова у оквиру универзитетског образовања у области природних наука које им предстоји, **предмет** овог истраживања представља испитивање ефеката примене когнитивног шегртовања и интердисциплинарног приступа у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера. Конкретно, ефекти когнитивног шегртовања ће бити испитани у оквиру обраде наставне теме *Карбоксилне киселине и њихови деривати*, док ће ефекти интердисциплинарног приступа настави бити испитани у оквиру обраде наставне теме *Варење*.

**Циљ истраживања** је да се утврди да ли когнитивно шегртовање и интердисциплинарни приступ настави могу да допринесу бољем разумевању и бољој функционализацији знања наведених наставних тема из области органске хемије код ученика гимназија природно-математичког смера, у односу на традиционални приступ настави. У складу с наведеним циљем, постављене су следеће **истраживачке хипотезе**:

**X1.** *Когнитивно шегртовање је статистички значајно успешније од традиционалног приступа настави у подстицању бољег концептуалног разумевања градива о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима код ученика гимназије природно-математичког смера.*

**X2.** *Когнитивно шегртовање је статистички значајно успешније од традиционалног приступа настави у оспособљавању ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у реалном животу.*

**X3.** *Интердисциплинарни приступ настави је статистички значајно успешнији од дисциплинарног приступа у подстицању бољег концептуалног разумевања градива органске хемије везаног за процес варења код ученика гимназије природно-математичког смера.*

**X4.** *Интердисциплинарни приступ настави је статистички значајно успешнији од дисциплинарног приступа у подстицању боље оспособљености ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања из органске хемије везаног за процес варења у реалном животу.*

Ради провере тачности наведених истраживачких хипотеза, спроведена су два педагошка експеримента с паралелним групама.

Коначно, из постављеног циља истраживања проистекли су следећи **задачи истраживања**:

1. Преглед литературе о контекстуалном приступу настави уопште, као и преглед литературе о когнитивном шегртовању и интердисциплинарном приступу настави.
- 2а. Формирање узорка ученика трећег разреда гимназије природно-математичког смера за спровођење педагошког експеримента с паралелним групама у оквиру кога ће бити проверена исправност истраживачких хипотеза **X1** и **X2**.
- 2б. Формирање узорка ученика четвртог разреда гимназије природно-математичког смера за спровођење педагошког експеримента с паралелним групама у оквиру кога ће бити проверена исправност истраживачких хипотеза **X3** и **X4**.
3. Припремање инструмената (улазни и завршни тест), који ће бити коришћени за прикупљање квантитативних података у сваком од експеримената.
4. Припремање наставних материјала (радних листова и текстуалних материјала за учење) заснованих на принципима когнитивног шегртовања, односно, интердисциплинарног приступа настави, за обраду наставних тема *Карбоксилне киселине и њихови деривати* и *Варење* с ученицима из експерименталне групе, у сваком од експеримената
5. Спровођење педагошких експеримената с паралелним групама у изабраним гимназијама природно-математичког смера.
6. Обрада резултата експеримената и извођење закључака и препорука за праксу.

## **2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО**

## 2. 1. Контекстуални приступ настави природних наука

Контекстуални приступ настави почива на конструктивистичком приступу учењу, по коме се знање конструише тако што се нове информације надограђују на већ постојећу базу знања. На тај начин, свако ново знање се сагледава и усваја у светлу већ постојећих знања и искустава, због чега ће учење бити далеко ефективније уколико је ученик активно укључен у процес учења, а не стављен у позицију пасивног примаоца знања. Овакво виђење процеса учења у потпуној је супротности с бихејвиористичким приступом учењу који је обликовао функционисање образовних система широм света од шездесетих до деведесетих година прошлог века, по коме је одговорност за процес учења у потпуности била у рукама наставника, који представља извор нових знања и чији је задатак да ова знања пренесе својим ученицима (Purković & Bezjak, 2015).

Конструктивистички приступ учењу своју философску подлогу налази у прагматизму Џона Дјуија (John Dewey), који је још 1916. године одбацио дуализам образовања којим се практично, професионално образовање раздвајало од академског и инсистирао да се учење мора заснивати на искуствима и потребама ученика, те да ће само кроз сопствени активни ангажман у реалним контекстима ученици бити у прилици да стекну знања и вештине потребне за живот у свету који их окружује (Purković & Bezjak, 2015). Сама реч контекст води порекло од латинског глагола *contextere*, што значи умрежити, уградити и латинске именице *contextus*, што значи повезаност. У том смислу, контекст је оквир или мрежа у коју је уграђен дати појам и која, истовремено, овом појму даје одређено значење. Приликом одабира контекста у оквиру којих ће се ученицима презентовати нова знања, неопходно је водити рачуна о неколико фактора. Наиме, познато је да карактеристике наставних ситуација у оквиру којих се ученицима презентује ново градиво имају изражен утицај на процес учења и директно одређују које ће елементе овог градива ученици усвојити и бити способни да примене у пракси. Сходно томе, да би се ученици оспособили да знања која су стекли примењују у различитим животним ситуацијама и контексти кроз које се на школским часовима упознају с овим градивом морају бити аутентични, тј. потицати из реалног живота. Што је разноврсност контекста кроз које се одређено градиво презентује већа, ученицима се пружа прилика да ово градиво сагледају из различитих углова, због чега ће бити спремнији и оспособљенији да га на различите начине примењују и у реалном животу (Anđelković & Stanisavljević-Petrović, 2013; Nentwig *et al.*, 2007; Tytler, 2007).

Ученичка мотивација за учење има велики утицај на усвајање новог градива, а добар начин за подстицање унутрашње мотивације за учење јесте представљање градива у контекстима који су ученицима блиски, о којима имају довољно потребног предзнања, а пре свега контекстима које ученици сматрају релевантним за себе лично, своје ближе

окружење, или друштво у коме живе (Nentwig *et al.*, 2007; Tytler, 2007; Schwartz-Bloom *et al.*, 2011). На пример, установљено је да су неки од контекста о којима би средњошколци желели да сазнају више употреба козметичких средстава, здрава исхрана, превенција и лечење разних болести, утицај дрога и алкохола на људски организам, заштита животне средине (Schwartz-Bloom *et al.*, 2011).

Контекстуални приступ настави заснива се, дакле, на коришћењу разноврсних контекста из реалног живота који су ученицима блиски и релевантни, као оквира за презентовање нових научних знања и упознавање ученика са њиховом применом (Anđelković & Stanisavljević-Petrović, 2013a; Gilbert, 2006). Различити контексти се не користе у илустративне сврхе, нити за периодично и краткотрајно изазивање пажње ученика током часа, већ представљају интегрални део наставног процеса у оквиру кога се уводи и разматра сваки нови појам и који је, с тога, одговоран за давање суштинског значења овим појмовима (Vos *et al.*, 2010). Применом контекстуалног приступа акценат наставе природних наука помера се с преношења и усвајања готових академских знања, ка суштинском разумевању и функционализацији ових знања (Duggan & Gott, 2002).

Имајући у виду очекиване позитивне ефекте, већи број курикулума предмета природних наука је конципиран у складу с контекстуалним приступом у неким од најразвијенијих земаља данашњице. На пример, почев од 2002. године наставници хемије у Немачкој, у сарадњи с колегама с универзитета, развијају контекстуалне наставне јединице у оквиру курикулума под називом „Chemie im Kontext“ (ChiK) (Nentwig *et al.*, 2005). На сличан начин, у области хемије у Великој Британији развијен је „Salters’ Advanced Chemistry“ програм. Реч је о двогодишњем контекстуалном програму намењеном средњошколцима узраста 17-18 година, који се састоји из тринаест теоријских јединица у оквиру којих су нова знања презентована у најразличитијим контекстима почев од рестаурације уметничких дела, преко синтезе лекова и коришћења алтернативних врста горива, до настанка свемира (Barker & Millar, 1996; Hughes, 2000; Pilling *et al.*, 2001; Bennett & Lubben, 2006). Поред овог програма развијен је и двогодишњи контекстуални програм за ученике старости 14-16 година, за целокупну област природних наука, под називом „Science: The Salters’ Approach“ (Ramsden, 1997). У Сједињеним Америчким Државама у наставу су уведени програми „Contextualized chemistry education“ (Schwartz, 2006) и „Twenty first century science“, засновани на примени контекстуалног приступа у настави хемије (Ratcliffe & Millar, 2009). Поред тога, у Сједињеним Америчким Државама је развијен и контекстуални курикулум под називом „Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society“ (CiC), чији је задатак да подстакне мотивацију и пренесе кључна знања из области хемије средњошколцима који не намеравају да наставе своје универзитетско образовање у области природних наука (Schwartz, 2006).

У оквиру читавог низа истраживања спроведених широм света, проверени су ефекти примене контекстуалног приступа у настави природних наука. Већи број истраживања потврдио је да контекстуални приступ код ученика развија позитивнији однос према природним наукама (Wierstra, 1984; Zoller *et al.*, 1990, 1991; Key, 1998; Yager & Weld, 1999; Smith & Matthews, 2000). Једно истраживање, пак, није утврдило промену у ученичком односу према природним наукама услед примене овог приступа (Ben-Zvi, 1999), док су Вајерстра и Вобелс (Wierstra & Wubbels, 1994) установили да се контекстуални приступ негативно одразио на однос ученика према настави природних наука.

Хауслер и Хофман (Haussler & Hoffmann, 2000) проучавали су који то конкретни контексти у оквиру којих се ученицима презентује ново градиво доприносе подстицању ученичког интересовања за учење природних наука. Установили су да излагање нових знања у оквиру контекста из соционаучне сфере у већој мери доприноси развоју ученичког позитивног односа према настави природних наука, у односу на контексте који су фокусирани на практичне активности и интелектуални развој. Такође је установљено да примена контекстуалног приступа у средњошколској настави природних наука подстиче веће интересовање за наставак универзитетског образовања и каријерни развој у овој области (Reid & Skryabina, 2002).

Три истраживања установила су да примена контекстуалног приступа смањује разлике у позитивном односу према природним наукама између ученика различитог пола, која је претходно била померена у корист дечака (Wierstra, 1984; Yager & Weld, 1999; Smith & Matthews, 2000). Такође је потврђено да девојчице које су похађале контекстуалну наставу природних наука имају позитивнији однос према природним наукама од девојчица које су похађале само традиционалну наставу (Yager & Weld, 1999; Smith & Matthews, 2000). Резултати истраживања које су спровели Јагер и Велд (Yager & Weld, 1999) показали су и да примена контекстуалног приступа у настави природних наука доприноси бољем концептуалном разумевању градива природних наука, као и развоју позитивнијег односа према природним наукама код ученика с посебним потребама.

У области хемије, установљено је да примена контекстуалног приступа настави доприноси:

- побољшању концептуалног разумевања градива из опште хемије (Gutwill-Wise, 2001; Demircioglu *et al.*, 2009);
- побољшању концептуалног разумевања и функционализацији знања из области термохемије (Cigdemoglu & Geban, 2015);



- унапређивању ученичке способности решавања проблема у области неорганске хемије (Broman & Parchman, 2014);
- подстицању интринзичке мотивације за учење хемије (Vaino *et al.*, 2012; Mandler *et al.*, 2012).

Примена контекстуалног приступа у средњошколској настави органске хемије је још увек веома слабо заступљена. Прегледом литературе установљено је да је у само једном истраживању (O'Dwyer & Childs, 2014) испитана ефективност примене овог приступа у настави органске хемије у средњој школи, при чему је установљен његов велики потенцијал да допринесе подстицању ученичког интересовања и позитивног односа према учењу градива из ове области хемије. С обзиром да ефективност примене контекстуалног приступа у настави органске хемије, када је у питању подстицање концептуалног разумевања и функционализације стечених знања код ученика средњих школа до сада није проверена, у овој дисертацији ће бити изложени резултати два педагошка експеримента с паралелним групама којима је испитан потенцијал контекстуалног приступа да допринесе превазилажењу ових крупних изазова везаних за средњошколску наставу органске хемије. Будући да се ново градиво у оквиру аутентичних контекста може презентовати на различите начине, у експериментима су примењена два специфична облика контекстуалног приступа настави, когнитивно шегртовање и интердисциплинарни приступ настави.

## 2. 2. Когнитивно шегртовање

Током већег дела људске историје, нова знања и вештине стицани су у оквиру процеса шегртовања. Млади су се на овај начин оспособљавали за обављање најразличитијих делатности, почев од различитих заната и пољопривреде, па до уметности. Деца у породици уче да говоре по овом моделу. Запослени и у данашње време на тај начин током првих неколико месеци рада на новом радном месту стичу вештине које су за то место специфичне, док докторанти у оквиру докторских студија овим путем усавршавају своје истраживачке вештине (Collins, 2006). Учење у оквиру процеса шегртовања подразумева да искусни експерт шегрту најпре покаже како се изводи поступак којим треба овладати. Након тога, уз стални надзор и подршку експерта, шегрт сам покушава да га изведе. На основу савета и смерница које добија, шегрт постепено постаје све вештији у извођењу поступка, због чега му је све мање потребна помоћ експерта. На крају, она у потпуности изостаје, а шегрт је способан да самостално изведе дати поступак. У оквиру процеса шегртовања, експерт обично ради с неколико шегрта у исто време, што њима пружа могућност да се међусобно саветују и помажу у току процеса

учења, а на крају и да се међусобно такмиче око тога ко је вештији у извођењу наученог поступка, што додатно доприноси његовом усавшавању (Lave, 1988).

Когнитивно шегртовање представља модел наставе који је заснован на принципима традиционалног шегртовања, али истовремено и тако обликован да одговара организацији рада савремених образовних система (Collins *et al.*, 1989). У когнитивном шегртовању нова знања се стичу с истим циљем као и код традиционалног модела - да би се могла применити у решавању проблема из реалног живота. Да би се то постигло, ученицима се нова знања презентују у оквиру различитих животних контекста, као што су нпр. контекст свакодневног живота, контекст примене у различитим професијама, контекст историјског развоја одређене науке и сл. Притом, термин “когнитивно” указује на то да је овај модел фокусиран на овладавање когнитивним, а не физичким вештинама и процесима (Collins, 2006).

Приликом конципирања модела когнитивног шегртовања узете су у обзир четири димензије које се сматрају основама сваке наставне ситуације: **садржај, наставне методе, секвенцирање активности и социјална организација процеса учења** (Collins *et al.*, 1989; Williams, 1992; Collins, 2006).

**Садржај** који ученик мора да савлада како би постао „експерт“ у когнитивном шегртовању састоји се из две компоненте: **знања из домена и стратешког знања**.

**Знање из домена** обухвата чињенице, концепте и процедуре које су специфичне за дату наставну област. Најједноставније речено, у питању су академска знања с којима се ученици срећу у уџбеницима и током процеса наставе из одређеног наставног предмета. Она су неопходна, али не и довољна за решавање проблема, пошто у себи не садрже смернице о томе на који начин их током процеса решавања треба применити (Collins, 2006). Управо због тога, када се презентују мимо контекста њихове примене, чак и академски веома успешни ученици остају онеспособљени да ова знања користе у ситуацијама из реалног живота (Collins *et al.*, 1989). **Стратешко знање** представља компоненту садржаја когнитивног шегртовања која олакшава употребу знања из домена у решавању реалних проблема (Collins, 2006). Разликују се три типа стратешког знања (Bransford *et al.*, 1989). **Хеуристичке стратегије** представљају опште технике и поступке који су ефективни у решавању проблема (Polya, 1957; Schoenfeld, 1985). **Контролне** или **метакогнитивне** стратегије контролишу процес решавања проблема (Flavell, 1976; Schoenfeld, 1985). Генерално, одлуке о томе како решавати одређени проблем доносе се на основу процене тренутног стања у односу на сопствене циљеве, тешкоће у решавању с којима се у датом тренутку сусрећемо, као и на тренутно доступне стратегије за њихово превазилажење. **Стратегије учења** представљају стратегије које се користе приликом

стицања знања из домена, хеуристичких и контролних стратегија (Chi *et al.*, 1989; Williams, 1992).

Шест наставних метода које су специфичне за когнитивно шегртовање (методе моделинга, тренирања, потпорне скеле, артикулације, рефлексije и експлорације) ученицима пружају прилику да посматрају, користе, модификују и открију нове експертске стратегије за примену знања у различитим контекстима (Collins, 2006).

Суштина методе **моделовања** је у томе да наставник ученицима детаљно прикаже поступак решавања одређеног проблема. Кроз посматрање процеса решавања проблема, ученици стичу увид у то која су све знања и вештине за то потребне (Collins & Smith, 1982). У когнитивној сфери, ово захтева екстернализацију процеса и активности које, иначе, нису видљиве голим оком. На овај начин, наставникове стратегије решавања проблема излазе “на светлост дана”, како би ученици могли да их посматрају, вежбају њихову примену и, на крају, усвоје (Collins *et al.*, 1989).

**Тренирање** (енгл. *coaching*) подразумева да наставник посматра како ученик решава одређени проблем и на основу тога даје повратне информације, смернице и подсетнике, који ученику помажу у процесу решавања (Palincsar & Brown, 1984).

Примена методе **потпорне скеле** (енгл. *scaffolding*) заснована је на теорији учења Лава Виготског (Vigotsky, 1978). Према Виготском, ново знање којим ученик треба да овлада, мора се налазити у његовој зони наредног развоја (ЗНР). На почетку процеса учења, ученик није способан да самостално решава задатке у оквиру ЗНР-а, али то може да учини уз помоћ наставника или компетентнијих вршњака. У оквиру когнитивног шегртовања, под применом методе потпорне скеле подразумевају се конкретни облици помоћи који наставник или компетентнији вршњаци пружају ученику током решавања задатка кога он у датом тренутку није у стању самостално да савлада. Уз њихову помоћ ученик постаје све успешнији у решавању, услед чега се подршка коју добија постепено смањује и на крају у потпуности изостаје (Wood *et al.*, 1976; Scardamalia *et al.*, 1984; Kolodner *et al.*, 2003; Davis & Miyake, 2004; Quintana *et al.*, 2004; Reiser, 2004).

**Артикулација** подразумева подстицање ученика да вербализују своје знање и размишљање (Collins & Stevens, 1983; Lampert *et al.*, 1996). Значајна форма методе артикулације која се користи у настави природних наука је тзв. *Итакамура* метода артикулације (Hatano & Inagaki, 1991). У оквиру ове методе, ученици најпре постављају различите хипотезе о томе какав ће бити исход одређеног експеримента, а затим међусобно дискутују о њима и бране своје ставове. Након тога се експеримент изводи,

што је праћено даљом дискусијом око тога зашто је исход експеримента баш такав какав јесте.

**Рефлексија** подразумева подстицање ученика да сами евалуирају свој рад у одређеној ситуацији, упореде резултате свог рада с резултатима које су постигли други ученици, или с одговарајућим сетом критеријума који се користе за евалуацију постигнутог (Schon, 1983; Collins *et al.*, 1989; White & Fredricksen, 1998; Sandoval & Reiser, 2004).

У оквиру **експлорације**, наставник подстиче ученике да постављају и решавају сопствене проблеме. Он, притом, задаје само општи сет циљева који би требао да усмери ученике у процесу рада, а затим их подстиче да приликом постављања проблема сами одаберу одређену ужу тематику којом ће се бавити. Поред тога, ученици могу да учествују у ревидирању, или постављању потпуно новог општег сета циљева како би се бавили тематиком која је за њих релевантнија (Collins, 2006).

У оквиру модела когнитивног шегртовања, дефинисани су и принципи по којима се врши **секвенцирање процеса учења** (Collins, 2006).

**Принцип повећања комплексности** подразумева да ученици током процеса учења решавају проблеме чија се сложеност постепено повећава (White, 1984).

**Принцип повећања разноврсности** односи се на стицање знања у оквиру читавог низа различитих контекста, како би се код ученика развила свест о могућности широке примене новостечених знања (Lave, 1988).

**Принцип од глобалних ка локалним вештинама** подразумева да се током процеса учења најпре врши генерализација целокупног проблема, а тек након тога се прелази на решавање његових појединачних делова (Norman, 1973).

Коначно, дефинисани су и **аспекти социјалне организације когнитивног шегртовања** чији је циљ подстицање позитивног односа ученика према процесу учења, развој мотивације за учење, као и развој ученичког самопоуздања током процеса учења.

**Ситуационо учење** подразумева да ученици нова знања стичу решавајући проблеме с којима се могу сустрести у реалном животу (Cuban, 1984; Brown *et al.*, 1989, Lave & Wenger, 1991; Nowakowski *et al.*, 1994; Schank *et al.*, 1994).

**Формирање заједнице за учење** подразумева креирање таквог окружења у коме сви учесници процеса учења активно дискутују о различитим начинима за решавање постављеног проблема (Brown & Campione, 1996; Bielaczyc & Collins; 1999; Wenger *et al.*, 2002).

**Подстицање интринзичке мотивације** подразумева креирање наставних ситуација у оквиру којих ученици решавају проблеме који су интринзички блиски њиховим интересовањима и потребама, а не због тога што су подстакнути неким екстринзичким мотивом, као што је добијање високе оцене (Lepper & Greene, 1979).

**Кооперација** подразумева да ученици током процеса учења међусобно сарађују на начин кроз који се оспособљавају за кооперативно решавање проблема. Учење засновано на кооперативном решавању проблема значајно доприноси бољој интринзичкој мотивацији ученика, а представља и значајан вид потпоре за све чланове групе. Такође, утврђено је да ученици који нова знања стичу на овај начин имају боља постигнућа у односу на ученике који нова знања стичу индивидуално, или кроз такмичење с другим ученицима (Quin *et al.*, 1995).

Сумирајући све што је претходно наведено, може се рећи да три основна принципа за превођење модела традиционалног шегртовања у когнитивно шегртовање гласе (Collins *et al.*, 1991):

**1. Идентификовати кључне когнитивне процесе који су неопходни за решавање датог проблема и учинити их видљивим за ученике**

У оквиру традиционалног шегртовања, шегрти (ученици) су у могућности да посматрају поступак извођења задатка који треба да савладају. Код когнитивног шегртовања, начин на који наставник размишља и решава проблеме мора бити видљив ученицима. Исто тако, и начин размишљања и решавања проблема од стране ученика мора бити видљив наставнику.

**2. Сместити апстрактне наставне задатке у аутентичне контексте, како би се код ученика развила свест о томе због чега је значајно да их савладају**

У оквиру традиционалног шегртовања, учење се у потпуности одвија на радном месту. Пошто њихови задаци углавном подразумевају израду лако опипљивих продуката који се могу користити у различите сврхе, шегртима је јасно због чега је важно да савладају поступак њихове израде. Они су мотивисани да уче и раде, јер су свесни значаја и вредности финалног продукта. Међутим, као што је претходно истакнуто, наставно

градиво у школама је врло слабо повезано с реалним животом. Због тога се, у оквиру когнитивног шегртовања, апстрактни задаци из наставног програма морају сместити у контексте који су релевантни за ученике.

### **3. Презентовати нова знања и вештине у различитим контекстима и извршити њихову генерализацију, како би се ученици оспособили за трансфер наученог**

У оквиру традиционалног шегртовања, шегрти су ретко у прилици да изврше трансфер стечених знања и вештина на нове ситуације. Међутим, један од основних задатака образовних система је да оспособи ученике за трансфер наученог. Због тога је, у оквиру когнитивног шегртовања, неопходно да наставник знања и вештине које треба савладати ученицима презентује у разноврсним контекстима њихове примене. Циљ је да се ученицима помогне да стечена знања и вештине генерализују, да буду свесни тога у којим се ситуацијама она могу применити, а у којима то није могуће, као и да се оспособе за трансфер ових знања и вештина приликом суочавања с новим и непознатим ситуацијама.

#### **2. 2. 1. Примена когнитивног шегртовања у настави природних наука**

Прегледом литературе установљено је постојање малог број истраживања која су испитала ефекте примене когнитивног шегртовања у настави природних наука, с ученицима средњих школа. У већини изведених истраживања когнитивно шегртовање није било примењено у току регуларне школске године, већ у оквиру летњих кампова које су за средњошколце организовали стручњаци с универзитета. Тако су резултати истраживања у коме су средњошколци у оквиру летњег кампа имали прилику да „шегртују“ под вођством универзитетских експерата из области молекуларне генетике показали да је код ученика, услед оваквог начина рада, побољшано концептуално разумевање садржаја о којима су учили, као и да је дошло до повећања мотивације за учење. Код ученика је, такође, уочено побољшање способности за формулисање истраживачких хипотеза, разматрање алтернативних хипотеза, критичко размишљање, логичку аргументацију објашњења, повезивање различитих идеја и постављање питања (Charney *et al.*, 2007). Још једно истраживање организовано на идентичан начин, али везано за тематику здравља и примене фармацеутских препарата, показало је да когнитивно шегртовање има потенцијал да заинтересује средњошколце за каријерни развој у области природних наука (Davis, 1999). С друге стране, резултати истраживања у оквиру кога је когнитивно шегртовање примењено у регуларној настави посвећеној концепту каузалности, показују да примена овог приступа доводи до бољег концептуалног разумевања градива (Hendricks, 2001). Многи од ученика који су похађали овакву наставу навели су и да је она много занимљивија од уобичајеног начина рада. Међутим, у оквиру

овог истраживања није установљена ефективност когнитивног шегртовања по питању подстицања трансфера новостечених знања на ситуације из реалног живота.

Нешто већи број истраживања био је фокусиран на само једну или две компоненте целог приступа, као што је нпр. утврђивање и/или упоређивање ефективности различитих поступака за пружање потпоре у учењу. Наиме, током процеса наставе, наставнику је веома тешко, а врло често и потпуно немогуће, да пружи континуирану потпору у процесу учења свим ученицима у разреду. Континуирана потпора, међутим, ученицима може бити обезбеђена кроз кооперативно решавање проблема, или примену информационих технологија. Резултати истраживања у оквиру кога су ученици решавали проблеме из реалног живота у малим групама, потврдили су ефективност оваквог вида потпоре у учењу када је у питању оспособљавање ученика за уочавање и превазилажење етичких изазова у научним истраживањима (Mabrouk, 2007). Главна предност примене информационих технологија као средства за пружање потпоре у учењу је могућност симулирања ситуација из реалног живота, које би под уобичајеним условима било тешко репродуковати у учионици (нпр. рад с опасним супстанцама, скупом истраживачком опремом и сл.) (Stockhausen & Zimitat, 2002). Тако је установљено да примена информационих технологија као средства за потпору у учењу олакшава разумевање и омогућава бољу оспособљеност ученика за сагледавање и извођење комплексних научних експеримената (Hwang *et al.*, 2009).

Поједина истраживања разматрала су процес рефлексije за истовремено пружање потпоре у учењу. У ту сврху, разматрана је ефективност различитих начина за подстицање рефлексije код ученика. Установљено је да генеричко подстицање (подстицање типа застани и промисли) доводи до бољег концептуалног разумевања комплексног градива природних наука, у односу на подстицање директног типа (подстицање кроз пружање наговештаја и смерница у ком би правцу процес рефлексije требало да се одвија) (Davis, 2003). Такође је установљено да подстицање самоевалуације сопственог напретка доводи до боље интеграције усвојених садржаја природних наука (Davis & Linn, 2000).

Пружање потпоре у учењу се може заснивати и на комбиновању већег броја поступака. На пример, потпора у виду комбинације писаних материјала, усмених консултација с наставником и формулара за евалуацију које је наставник саставио ради подстицања ученика на рефлексiju, може да допринесе побољшању квалитета читања и писања научних садржаја (Kolikant *et al.*, 2006).

Уз поступке потпоре у учењу, разматран је и тип проблема из реалног живота који је најнеефективнији у унапређивању ученичких постигнућа. У области физике, установљено

је да су у питању проблеми које ученици самостално формулишу (Roth & Bowen, 1995), а до идентичног закључка дошло се и у области математике (Schoenfeld, 1985).

### 2. 3. Интердисциплинарни приступ настави

У документу под називом *Стандарди опитних међупредметних компетенција за крај средњег образовања*, који је конципиран на темељима документа *Европски оквир кључних компетенција за целоживотно учење* (енгл. European Reference Framework of Key Competences for Lifelong Learning) који је Европска унија усвојила 2006. године, наведено је да динамика промена које доносе нове технологије поставља пред образовне системе захтев за развијањем компетенције које ће ученицима олакшати прихватање и прилагођавање овим променама. Компетенције схваћене на овај начин излазе из оквира традиционалних школских предмета и ангажују школска знања из различитих предмета на припреми ученика да буду конкурентни и функционални у садашњем и будућем образовном и професионалном простору и да компетентно и активно реализују своје грађанске улоге. Оријентација образовног процеса према међупредметним компетенцијама не захтева увођење нових наставних предмета, нити додатних часова тематски посвећених одређеној компетенцији. Основна промена коју доноси оријентација ка међупредметним компетенцијама огледа се у динамичнијем и ангажованијем комбиновању знања, вештина и ставова релевантних за различите реалне контексте који захтевају њихову функционалну примену. То се, првенствено, постиже сарадњом и координацијом активности наставника сродних наставних предмета. Интердисциплинарна настава представља један од основних приступа који ученицима пружа прилику да знања из области природних наука стекну на овај начин (Chen *et al.*, 2007; Lancaster & Rikard, 2002; Lipson *et al.*, 1993).

Насупрот дисциплинарном приступу настави, у оквиру кога се наставници строго држе садржаја само једног наставног предмета, интердисциплинарни приступ настави подразумева повезивање сродних садржаја из различитих наставних предмета у логичке целине организоване око одређеног проблема или теме (Barton & Smith, 2000).

Три основне стратегије за конципирање интердисциплинарне наставе су **концептуализација, контекстуализација и решавање проблема** (Nikitina, 2006).

У оквиру стратегије **концептуализације**, циљ је да се истакне да се различите појаве и процеси који се изучавају у оквиру различитих научних дисциплина врло често заснивају на идентичним механизмима (Nikitina, 2006). На пример, ресорпција воде у дигестивном тракту човека и отварање стома код биљака заснивају се на процесу осмозе.



Код оваквог приступа улога наставника је да укаже ученицима на везе које постоје између различитих процеса, тј. да оспособи ученике да изврше трансфер знања из једне области у другу (Fink, 2003).

**Контекстуализација** подразумева разматрање знања из различитих наставних предмета у једном одређеном контексту. На пример, разматрање открића атомске бомбе, које подразумева повезивање знања како из природних тако и из друштвених наука, може се сместити у историјски контекст Другог светског рата. Код ученика се на тај начин развија свест да атомска бомба није само продукт науке већ и одређеног периода у историји и политичких система који су доносили одлуке које су утицале на целокупно човечанство (Nikitina, 2006).

За разлику од контекстуализације где је акценат на увиђању суштинских веза између знања која су стечена у оквиру различитих наставних предмета, код **решавања проблема** акценат је на повезивању ових знања ради изналажења решења за одређени конкретан проблем, као што је спречавање загађења животне средине у околини неке фабрике, утврђивање својстава које би требао да има лек за одређену болест и сл. (Nikitina, 2006).

Као што се може видети, у оквиру сваке од наведених стратегија, нова знања ученицима су презентована у оквиру аутентичних тема, проблема и ситуација. На овај начин, код ученика се развија свест о значају ових знања у реалном животу, што доприноси повећању њихове мотивације за учење (Davenport & Jaeger, 1995; Davison *et al.*, 1995).

Интердисциплинарно разматрање наставних садржаја је најприроднији начин рада за ученике, јер представља рефлексију спонтаног и стваралачког начина на који се сваки човек од рођења упознаје са светом, трагајући за решењима конкретних животних ситуација мимо било каквих дисциплинарних подела (Klein, 1990). Овакав приступ настави директно оспособљава ученике за реални живот који не познаје границе између наставних предмета и научних дисциплина и у коме је за сналажење у разним ситуацијама неопходна флексибилна примена најразличитијих знања и вештина, трансфер знања и вештина из једне области у другу и њихово повезивање у нова решења (Newell, 2001).

Интердисциплинарни приступ настави развија когнитивне способности ученика и оспособљава их за критичко мишљење (Mathiason & Freeman, 1997; Fink, 2003). Наиме, чест је случај да један исти проблем проучава већи број научних дисциплина, свака помоћу себи својствених метода и техника. Притом, резултати до којих долазе могу бити и међусобно супротстављени. Интердисциплинарни начин рада оспособљава ученике за

сагледавање специфичних приступа које различите научне дисциплине користе у својим истраживањима, за уочавање битних информација које се могу добити из сваког истраживања везаног за дати проблем, и интеграцију ових информација у једно целовито решење.

Кроз интердисциплинарни приступ настави ученици се оспособљавају за целовито сагледавање сваке животне ситуације, а то подразумева и сагледавање последица које примена одређених поступака може имати на личном и глобалном нивоу (Jones, 2010). У савременом свету је посебно важно размотрити последице примене нових поступака са етичког и еколошког становишта. Кроз конкретне примере из реалног живота, ученици се оспособљавају за сагледавање последица примене различитих поступака и за одабирање и примену само оних поступака чије су позитивне последице доминантније у односу на негативне. На пример, код ученика ће се развити свест да, иако одређени индустријски поступак може бити веома једноставан за извођење а материјална добит од његове примене велика, ако примена тог процеса угрожава живи свет, он мора бити одбачен. Такође, кроз изучавање природних наука ученици постају свесни да се до многих знања дошло захваљујући жртвовању експерименталних животиња и да је полемика око коришћења експерименталних животиња, упркос бројним корисним открићима, из етичких разлога стално присутна у научним круговима.

С повећањем броја научних дисциплина расте и број информација које треба усвојити, због чега се наставници често окрећу традиционалном, дисциплинарном, приступу настави. Дисциплинарни приступ, међутим, не омогућава да се нека проблемска ситуација сагледала из више углова. Интердисциплинарна настава заобилази ову препреку тако што се фокусира на централну тему, на примену знања која су релеванта за ту област и на процес усвајања знања, а не на памћење чињеница (Jacobs, 1989).

Интердисциплинарни приступ настави доводи до комплексне организације знања (Goldsmith & Kraiger, 1996; Schommer, 1994). Код овог приступа организација знања подједнако је важна као и количина усвојеног знања, јер на тај начин појединац може одредити како и када низ декларативних чињеница може применити у конкретним ситуацијама. Виши нивои структурног знања повезани су са успешнијим решавањем проблема, повећањем меморије, унапређеним трансфером знања и вештина, као и бољом ретенцијом и концептуалним разумевањем усвојених знања (Dorsey *et al.*, 1999). Такође, фокусирајући се на централни проблем или срж неке теме, интердисциплинарни приступ подстиче ученике да пронађу везе између наизглед неповезаних области, чиме је омогућена персонализација организације знања (Acton *et al.*, 1994).

Коначно, потребно је истаћи да увођење интердисциплинарног приступа у наставу не би требало да представља нарочито компликован процес, нити да захтева велика материјална улагања (Jones, 2010). Већина наставника већ влада потребним знањима и вештинама из сродних наставних предмета, тако да њихово инкорпорирање у наставу не би требало да буде претерано стресно, нити да захтева велики утрошак времена. Приликом разматрања одређеног градива из угла неког другог наставног предмета, наставник се може послужити наставним средствима која су већ набављена и користе се у настави тог предмета, због чега не би било потребе за додатним материјалним улагањима.

У оквиру интердисциплинарног приступа настави сарадња наставника различитих наставних предмета је од суштинске важности, будући да је утврђано да се на тај начин подстиче учење и остварују боља ученичка постигнућа у оквиру сваког од ових наставних предмета (Jones *et al.*, 1997). Кроз сарадњу такође долази и до продубљивања наставничких компетенција, подстакнута је размена добрих примера наставне праксе, као и развој комуникационих вештина наставника (Lamanauskas, 2014). Дobar пример интердисциплинарног пројекта који подстиче сарадњу наставника природних наука и наставника математике је *Teaching Together: Science and Mathematics Teachers collaborating for better results project* (Mat2SMC). Овај пројекат је фокусиран на припремање конкретних интердисциплинарних наставних материјала као што су сценарији часова и различита наставна средства од стране експерата из различитих земаља који ће, затим, бити публиковани и слободно доступни свим заинтересованим наставницима из целог света. Разматрајући сарадњу наставника математике и наставника предмета из области природних наука овај пројекат је покренуо и већи број значајних питања, као што су како планиранти процес сарадње и организовати га тако да подстиче процес учења, као и практична питања, као што су на који начин је најефикасније окупити наставнике из различитих области. Установљено је да мотивација и заинтересованост наставника за сарадњу, као и подстицај од стране управе школе представљају важне факторе који утичу на успешно остваривање сарадње наставника различитих наставних предмета (Lamanauskas, 2014).

### **2. 3. 1. Специфични модели организације интердисциплинарне наставе**

#### *2. 3. 1. 1. Интердисциплинарна тимска настава*

За интердисциплинарну тимску наставу је карактеристично да је у обраду одређене наставне теме укључен већи број наставника различитих наставних предмета, при чему

сваки од њих са ученицима обрађује онај део наставне теме за који је најкомпетентнији (Little & Hoel, 2011). Ученици који похађају овакву наставу подељени су на мање групе (5-10 ученика) при чему свака група, са сваким од наставника, разматра дату наставну тему из угла одређеног наставног предмета. Сви ученици су у прилици да остваре директну комуникацију са наставником, што је велика предност оваквог начина рада. Поред тога, ученици су у оквиру групе у могућности да дискутују о свему што уче, па се код њих развија способност за сарадњу и комуникацију, а долази и до вршњачке едукације. Уколико се одређена наставна тема обрађује у неколико различитих разреда, могу се формирати и групе које чине ученици различитих узраста, при чему млађи ученици имају директну корист од знања и искустава ученика старијих разреда (Wentworth & Davis, 2002). Тимска настава најчешће није временски ограничена на часове одређеног трајања, већ се одвија у тзв. модулима који трају онолико колико је потребно да се одређени аспект наставне теме обради. Такође, постоје модули који су обавезни за све ученике, али и посебни модули за ученике који желе да стекну додатна знања.

### *2. 3. 1. 2. Интердисциплинарна пројекатска настава*

У интердисциплинарној пројекатској настави ученици су индивидуално или у групи задужени да у оквиру пројекта истраже одређено питање или реше одређени проблем, повезујући знања из различитих наставних предмета. Пројекат има централно место у стратегији учења, јер кроз њега ученици стичу нова знања из различитих дисциплина (Demirel & Coskun, 2010). Пројекти се разликују по степену структурираности задатака, тј. постоје структурирани, полу-структурирани и неструктурирани пројекатски задаци (Ivić *et al.*, 2001).

За структуриране пројекатске задатке је карактеристично да је наставник тај који одређује тему или проблем који ће се истраживати, методологију рада и обезбеђује сву потребну литературу и материјал за рад.

Код неструктурираних пројекатских задатака ученици самостално дизајнирају, изводе, анализирају и представљају резултате свог рада, на тему коју су самостално изабрали, користећи литературу до које су самостално дошли.

Полу-структурирани пројекатски задаци подразумевају да су ученицима истраживачко поље и методологија рада задати, али је природа рада таква да се од њих очекује доста самосталности и одговорности.

Овакав модел интердисциплинарне наставе захтева већи утрошак времена јер се ученици најпре морају обучити за пројекатску наставу, а израда пројекта траје релативно дуго. Ипак овај недостатак је и више него надокнађен бројним позитивним странама пројекатске наставе, као што су осамостаљивање ученика и њихово оспособљавање да повезују знања и вештине из различитих наставних предмета у смислену целину која се може применити у реалном животу.

### **2. 3. 2. Примена интердисциплинарног приступа у настави посвећеној здравој исхрани**

У оквиру развоја ученичке научне писмености, важно место заузима и унапређивање знања везаних за здраву исхрану.

Период средње школе препознат је као идеалан за упознавање адолесцената с принципима здраве исхране (Elders, 1993). Тело адолесцената доживљава значајне физиолошке промене и потребно га је свакодневно снабдевати одговарајућим типом и количином нутријената, како би се ове промене успешно спровеле и окончале. Међутим, Светска здравствена организација (World Health Organization, 2005) установила је да адолесценти, генерално, нису свесни значаја здраве исхране за свој живот и развој. Последично, гојазност и хроничне болести које су повезане с гојазношћу (дијабетес типа 2, кардиоваскуларна обољења и обољења жучне кесе) код адолесцената су у сталном порасту. С друге стране, пак, велики број девојчица овог узраста драстично смањује унос потребних нутријената, како би смањиле своју телесну масу (Forthing, 1991; Perry-Hunnicuft & Newman, 1993).

Установљено је да настава посвећена здравој исхрани представља лако доступно и веома ефективно средство за подстицање развоја здравих навика у исхрани код ученика (Perez-Rodrigo & Aranceta, 2001). Период средње школе уједно је и време када се код адолесцената развијају навике које ће се пренети у адултни период. У свим животним сферама њихови лични избори тада преузимају примат над навикама стеченим у породици, па тако и у области исхране адолесценти постепено преузимају контролу над тиме који тип хране, када и у којој количини уносе у свој организам (Shepherd & Dennison, 1996; Spear, 1996; Thomas, 1991). Будући да су средњошколски курсеви природних наука слабо повезани с реалним животом, што за последицу има слабо концептуално разумевање градива и потпуно одсуство свести ученика о његовом значају у реалном животу (Riskowski *et al.*, 2009) Светска здравствена организација (World Health Organization, 2005) препознала је интердисциплинарни приступ настави као један од

потенцијално најнеефективнијих приступа да адолесценати сазнају о принципима здраве исхране.

Због пролиферације патогених микроорганизама, данашњи адолесценци у много већој опасности од обољења изазваних микробиолошки неисправном храном, у односу на претходне генерације (American Dietetic Association, 1997; Byrd-Bredbenner *et al.*, 2007; Coulston, 1999). Управо због тога, развијен је интердисциплинарни курикулум „*Food Safety in the Classroom Curriculum*“, чији је циљ да кроз повезивање градива природних наука, математике и друштвено-језичких наука упозна ученике с проблемима везаним за микробиолошку исправност хране. Ефективност курикулума је проверена у пет средњих школа, а на основу добијених резултата установљена је његова ефективност по питању повећања ученичких знања (повећање од 21%) и унапређивања њихових понашања у вези с чувањем хране (повећање од 8.47%) (Richards *et al.*, 2008).

„*The Planet Health Interdisciplinary Curriculum*“ представља још један пример интердисциплинарног курикулума у оквиру кога су повезана знања из математике, природних и друштвено-језичких наука. Овај курикулум намењен је упознавању средњошколаца с здравом исхраном и значајем редовне физичке активности за њихово здравље (Carter *et al.*, 2007).

Повећање заступљености воћа и поврћа у свакодневној исхрани, ради повећања уноса влакана и антиоксиданаса као важних фактора у превенцији многобројних хроничних обољења, представља окосницу здраве исхране (World Health Organization, 2005), због чега је конципиран посебан интердисциплинарни курикулум чији је циљ био да покаже да је могуће модификовати навике у исхрани срењошколаца у овом правцу кроз медијску кампању, повећање доступности воћа и поврћа, одговарајуће наставне активности и подршку родитеља (Nicklas *et al.*, 1997).

Поред наведених интердисциплинарних курикулума, презентована је и евалуација примене још једног средњошколског интердисциплинарног курикулума под називом *MID-LINC* који је био усмерен ка подстицању развоја здравих навика у исхрани (Probart *et al.*, 1997). Генерално, наставници су показали веома позитиван однос према оваквом курикулуму, навели су да је једноставан за примену у настави, флексибилан и свеобухватан. Као кључне факторе који утичу на развој позитивног односа према примени оваквог курикулума у настави, наставници су навели информисаност о здравој исхрани и уопште свест о значају развоја здравих навика у исхрани код ученика.

Установљено је да добро разумевање процеса варења, у оквиру кога кључно место заузима концептуално разумевање органске хемије о макронутријентима, активности

дигестивних ензима, учешћу соли коњугованих жучних киселина у емулгацији хране липидног порекла итд., значајно доприноси позитивном односу и развоју здравих навика у исхрани код ученика средњих школа (Ozsevegес *et al.*, 2012). Међутим, у оквиру претходно спроведених истраживања уочен је већи број мисконцепција које средњошколци имају у вези с овим физиолошким процесом (Aydin, 2016; Granklint Enochson & Redfors, 2012; Soyibo & Evans, 2002). Закључено је да се у оквиру успешне наставе посвећене било ком физиолошком процесу знања из биологије надограђују на знања из физике и хемије и да ученичко концептуално разумевање ових дисциплинарних знања има велики утицај на учење о датом процесу. Последишно, ефективна настава посвећена било ком физиолошком процесу мора да детектује и разјасни мисконцепције у дисциплинарном знању из све три наведене научне области (Michael, 2006). Овакви закључци имплицирају да би интердисциплинарни приступ могао да представља веома ефективно средство за унапређивање наставе о процесу варења у средњој школи.

### **3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА**



### **3. 1. Методологија истраживања којим су испитани ефекти примене когнитивног шегртовања у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера**

#### **3. 1. 1. Предмет, циљ и организација истраживања**

Предмет овог истраживања је испитивање ефеката примене когнитивног шегртовања у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера. Конкретно, ефекти примене овог приступа испитани су у оквиру обраде наставне теме *Карбоксилне киселине и њихови деривати*, с ученицима трећег разреда гимназије природно-математичког смера.

Иако прегледом литературе није пронађено ниједно истраживање у оквиру кога је потврђена ефективност примене когнитивног шегртовања када је у питању превазилажење проблема с концептуалним разумевањем и функционализацијом знања органске хемије код ученика средњих школа, на основу свега што је претходно наведено о карактеристикама овог приступа, сматрамо да се когнитивно шегртовање, с правом, може сматрати једним од потенцијално најнефективних средстава за превазилажење ових крупних изазова у настави органске хемије. Сам приступ учењу у оквиру когнитивног шегртовања, који подразумева стицање нових знања кроз решавање реалних проблема, требао би да подстакне смислено учење, као и да оспособи ученике за примену знања из органске хемије у реалном животу.

Сходно томе, циљ овог истраживања био је да се утврди да ли когнитивно шегртовање доприноси бољем концептуалном разумевању, као и бољој оспособљености ученика за примену знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у реалном животу, у односу на традиционалну наставу.

У складу с наведеним циљем, постављене су следеће истраживачке хипотезе.

**X1.** *Когнитивно шегртовање је статистички значајно успешније од традиционалног приступа настави у подстицању бољег концептуалног разумевања градива о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима код ученика гимназије природно-математичког смера.*

**X2.** *Когнитивно шегртовање је статистички значајно успешније од традиционалног приступа настави у оспособљавању ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у реалном животу.*

Ради провере тачности наведених истраживачких хипотеза, спроведен је педагошки експеримент с паралелним групама. У оквиру експеримента, с ученицима из експерименталне и контролне групе радило се током пет школских часова у трајању од 45 минута, по два часа недељно. Општи план рада у оквиру експеримента приказан је у Табели 2.

**Табела 2.** План рада у експерименталној и контролној групи у оквиру педагошког експеримента с паралелним групама којим су испитани ефекти когнитивног шегртовања у настави о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у гимназији природно-математичког смера

Редни број часа	Активности у експерименталној групи	Активности у контролној групи
1.	<b>Иницијално тестирање</b>	<b>Иницијално тестирање</b>
2.	<b>Обрада</b> наставне теме <i>Карбоксилне</i>	<b>Обрада</b> наставне теме <i>Карбоксилне</i>
3.	<i>киселине и њихови деривати</i> према	<i>киселине и њихови деривати</i> у складу с
4.	принципима когнитивног шегртовања	традиционалним приступом настави
5.	<b>Завршно тестирање</b>	<b>Завршно тестирање</b>

У оквиру првог часа истраживања, ученици из експерименталне и контролне групе решавали су иницијални тест, чиме су проверени ниво и уједначеност њиховог предзнања везаног за наставну тему *Карбоксилне киселине и њихови деривати*. Задаци на иницијалном тесту, као што ће касније бити објашњено, били су конципирани по угледу на задатке у уџбенику, тј. тако да нису захтевали примену знања у решавању реалних проблема, већ једноставну репродукцију ових знања, или њихову примену у решавању академских проблема. Следећа три часа била су посвећена обради наведене наставне теме. Обрада градива о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима с ученицима из експерименталне групе била је заснована на принципима когнитивног шегртовања, док је с ученицима из контролне групе примењен традиционални приступ настави. Од три часа обраде новог градива први је био посвећен карбоксилним киселинама, други естрима, а трећи ацил-халогенидима, анхидридима и амидима карбоксилних киселина. На последњем, петом, часу истраживања ученици из обе групе решавали су завршни тест, чији је циљ био упоређивање ефективности когнитивног шегртовања и традиционалног приступа настави у подстицању бољег концептуалног разумевања и боље функционализације градива о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима. Као што ће касније бити објашњено, задаци у овом тесту захтевали су примену знања из наведене наставне теме у решавању проблема из реалног живота.

### 3. 1. 2. Узорак истраживања

У експерименту је учествовао 241 ученик трећег разреда гимназије природно-математичког смера, из по четири одељења Четврте и Пете београдске гимназије и два одељења Шабачке гимназије.

По два одељења из обе београдске гимназије уз једно одељење из Шабачке гимназије формирали су контролну, односно, експерименталну групу. Укупно, у експерименталној групи је било 118, а у контролној 123 ученика. Када су у питању квантитативна истраживања, узорак који обухвата 30 до 500 ученика се генерално сматра довољно великим да обезбеди задовољавајућу поузданост истраживања. Међутим, да би се поузданост квантитативног истраживања што је могуће више повећала, и величина узорка би требала да буде што већа (Delice, 2010). Такође, с повећањем величине узорка од 30 до 80 ученика, грешка узорковања као и стандардна грешка мерења, које представљају два основна узрока нерепрезентативности узорка у квантитативним истраживањима се смањују. Иако даље повећање величине узорка нема ефекта на ова два параметра (Cohen *et al.*, 2007), узорак од 241 ученика се, осим што обезбеђује високу поузданост истраживања, дефинитивно може сматрати и репрезентативним узорком истраживања. Такође, код коришћења  $t$  теста у статистичкој обради резултата мерења, минимална валидна величина узорка је 30, а када се рачунају вредности хи-квадрат теста величина узорка је валидна уколико обезбеђује да се у 80% ћелија дате табеле контингенције налази барем пет случајева (Cohen *et al.*, 2007). Сходно резултатима приказаним у поглављу 4 ове дисертације, узорак од 241 ученика се може сматрати валидним за наведене типове статистичких израчунавања.

Након упознавања с предметом, циљем и детаљно изложеним планом експеримента, његово спровођење у свакој од школа одобрено је од стране директора и чланова школског актива природних наука. Затим је састављен уговор о сарадњи сваке од школа и Хемијског факултета, који су потписали директор школе и декан Факултета. Поред тога, сви ученици који су учествовали у експерименту добровољно су прихватили учешће, што представља један од основних етичких захтева приликом организовања педагошких експеримената с паралелним групама (Taber, 2014)

У експерименту је учествовао и по један наставник хемије из сваке од школа, при чему је радно искуство сваког од њих било дуже од двадесет година. Наставник је радио с одељењима која су била део контролне групе, док је с одељењима експерименталне групе радио аутор ове дисертације. Уобичајено је да у оквиру експеримената с паралелним групама с одељењима из обе групе ради иста особа (или регуларни наставник или истраживач). Овде то није био случај, првенствено због тога што након упознавања с

планом експеримента наставници нису изразили жељу да сами организују наставу према принципима когнитивног шегртовања, већ су предложили да они наставе с радом на свој уобичајени начин, док би за примену новог приступа био задужен аутор дисертације. Овакав став наставника може се приписати утицају неколико фактора. Пре свега, познато је да с повећањем година радног искуства, интересовање наставника за увођење новина у процес наставе опада (Hargreaves, 2005). Такође, треба узети у обзир и то да су наставници имали пун фонд часова, те да услед ионако максималног радног оптерећења једноставно нису имали времена и енергије да се посвете изучавању приступа когнитивног шегртовања, с којим до тада уопште нису били упознати. Због тога је одлучено да наставници, који се због свог вишедеценијског радног искуства с правом могу сматрати експертима за традиционалну наставу, раде с ученицима из контролне групе, а аутор дисертације који је специјализован за приступ когнитивног шегртовања с ученицима из експерименталне групе, те да се затим упореде ефекти ове две наставне праксе.

Оваква организација рада, пак, могла је имати последице по исход експеримента, због утицаја Хоторновог ефекта (енгл. Hawthorne effect). Реч је о томе да приликом сусрета с новим чиниоцима у радној средини, а то су за ученике у експерименталној групи и нови приступ настави и нови наставник, може доћи до привременог повећања радног ангажмана, који изостаје под уобичајеним условима рада (Cook, 1967). Сходно томе, да би се ублажило дејство Хоторновог ефекта, предузето је више превентивних мера. Пре почетка експеримента, регуларни наставник је ученике из обе групе упознао с планом рада за наредних пет часова, а ученицима из експерименталне групе објаснио и да ће на овим часовима с њима радити нови наставник. Реч је о докторанду који ће ове часове држати у оквиру своје обавезне наставне праксе на докторским студијама. Иновативни приступ који ће притом применити није истицан. Ученици из обе групе имали су претходно искуство у раду са студентима који су у оквиру обавезне школске праксе на основним/мастер студијама у овим школама организовали наставу уз примену различитих наставних метода и давали сопствене тестове. Због тога, за ученике из експерименталне групе ово није представљало новину. Ученицима из одељења која су учествовала у експерименту није наглашено да припадају различитим групама, нити да се њихова постигнућа пореде, што би могло да подстакне додатно залагање код ученика из обе групе. Уместо тога, ученицима из контролне групе напоменуто је да докторанд с њима неће радити само због тога што се њихов распоред часова не уклапа с радним временом докторанда. Ипак, и они ће имати прилику да “испробају” тестове које је докторанд саставио. Када се говори о добровољном учешћу ученика у овом експерименту, пре свега се мисли на то да је ученицима из обе групе остављен избор да ли желе или не желе да попуњавају иницијални и завршни тест, уз напомену да њихово одустајање од тестова неће имати негативне последице, нити ће, опет, попуњавање ових тестова донети било какве бенефите. Такође, наглашено је да ће тестове прегледати искључиво докторанд, да

ученици који то желе могу да се информишу о резултатима које су остварили, али они неће бити познати њиховом регуларном наставнику. Истицање да регуларни наставник неће имати увид у њихова постигнућа, такође је имало за циљ да се смањи евентуално додатно залагање приликом попуњавања тестова код ученика из обе групе. Такође, овакав приступ примењивао се и код тестова које организују студенти на школској пракси у оквиру основних/мастер студија, тако да ученицима из обе групе ни овакав аранжман није представљао новину.

Током трајања експеримента није могуће спречити комуникацију између ученика из две групе, што лако може да доведе до поређења начина организације наставе којој присуствују. Због тога се као једна од мера за ублажавање дејства Хоторновог ефекта наводи уједначавање општих услова организације наставе с ученицима из две групе (Cook, 1967). Последице, ученици из обе групе су наставну тему *Карбоксилне киселине и њихови деривати* обрадили током једнаког броја часова, с идентичним распоредом обраде одговарајућих наставних јединица (Табела 2). Ученици из обе групе су на часовима обраде новог градива попуњавали радне листове, што представља активност коју су и раније практиковали, док је током обраде проблематике везане за киселост карбоксилних киселина наставник у обе групе извео исти експеримент. Такође, сви часови с ученицима из обе групе организовани су у њиховим уобичајеним терминима предвиђеним за часове хемије, у уобичајеним учионицама у којима се ови часови организују и школској хемијској лабораторији.

### 3. 1. 3. Организација наставе с ученицима из експерименталне и контролне групе

На почетку сваког од три часа обраде новог градива наставне теме *Карбоксилне киселине и њихови деривати*, ученици из експерименталне групе добијали су радне листове у којима су задаци били припремљени тако да организују ученички рад према принципима когнитивног шегртовања. Конкретно, задаци су били конципирани тако да ученицима пруже могућност да новостечена знања одмах примене у решавању различитих реалних и академских проблема. Решавању сваког задатка претходило је уводно излагање наставника. Оно је обухватало презентацију примене знања у аутентичним ситуацијама (ситуационо учење), с истакнутим поступком примене (моделовање). Ученици су све задатке решавали у пару с учеником/ученицом из исте клупе, у складу са социолошким принципом кооперативног решавања проблема.

Док су ученици решавали дати задатак у радним листовима, наставник је пратио њихов рад и кроз разговор долазио до информација о томе зашто су се определили за одређени поступак решавања. На основу тога, пружао им је повратне информације,

смернице (тренирање) и конкретну помоћ у решавању (метода потпорне скеле). Када би сви парови завршили с решавањем задатка, представник сваког пара извештавао је остале ученике о решењу до кога су дошли. Наставник би, затим, позвао остале ученике да процене тачност решења и, по потреби, предложи и објасне алтернативна решења. На тај начин, поступци и стратегије које су различити ученици применили у решавању задатака постајали су видљиви како наставнику, тако и њиховим вршњацима (артикулација). Кроз активну комуникацију која се на нивоу разреда развијала са заједничким циљем проналажења решења задатог проблема, разред се трансформисао у заједницу за учење, што је подстицало унутрашњу мотивацију ученика. Радни листови с описаним поступцима и решењима до којих су ученици самостално дошли и евентуалне исправке направљене након дискусије на нивоу разреда, ученицима су пружали могућност да у сваком тренутку преиспитају сопствени начин рада и размишљања, упореде своје резултате с резултатима других ученика, или критеријумима које поставља наставник (рефлексија).

Насупрот оваквом начину рада, примена традиционалног приступа настави у раду с контролном групом подразумевала је наставниково излагање академских знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима уз строго придржавање начина на који је то учињено у уџбенику за трећи разред гимназије природно-математичког смера (Stojiljković, 2006), при чему су ученици слушали наставникова објашњења и писали одговарајуће белешке, док су на самом крају часа попуњавали радне листове. Ови радни листови, међутим, садржали су задатке из уџбеника, који су наведени на крају дате наставне јединице и који не захтевају примену новостечених знања у решавању реалних проблема.

Обрада наставне јединице *Карбоксилне киселине* с ученицима из експерименталне групе обухватала је блокове активности Б1, Б2 и Б3 (Слика 1). У оквиру блока активности Б1, у складу с принципом ситуационог учења, ученици су кроз решавање задатака 1 и 2 из радних листова најпре разматрали примере примене одабраних карбоксилних киселина у реалним, за ученике релевантним, контекстима (мравља киселина - супстанца која се може применити против вирусних брадавица; бензоева киселина - примена за израду крема против гљивичних инфекција коже; бутерна киселина – налази се у зноју; млечна киселина - нагомилава се у мишићима током спортског тренинга; лимунска киселина – налази се у цитрусном воћу итд.). Такође, у складу с принципом повећања разноврсности, ученици су дошли и до сазнања о томе како једна иста карбоксилна киселина може бити заступљена у различитим контекстима. На пример, лимунска киселина је разматрана као супстанца од које потиче киселост цитрусног воћа и као супстанца која, у оквиру циклуса лимунске киселине, има значајну улогу у производњи енергије у људском организму. Након тога, примењујући претходно стечена знања о хиралности и оксидационом броју

атома у молекулима органских једињења, ученици су самостално идентификовали структурне хемијске формуле задатих карбоксилних киселина, одређивали називе по ИУПАС номенклатури и одговарајуће тривијалне називе. На самом крају блока активности Б1, враћајући се на управо решене задатке из радних листова, наставник је ученицима указао на специфичности у структури различитих карбоксилних киселина, као што је присуство већег број карбоксилних група, или присуство нуклеофилних група на  $\alpha$  угљениковом атому.

Насупрот оваквом приступу, наставник је ученицима у контролној групи приказао структурне хемијске формуле различитих моно-, ди- и трикарбоксилних киселина и навео њихове називе по ИУПАС номенклатури, као и одговарајуће тривијалне називе. Примери примене ових карбоксилних киселина у реалном животу наведени су на самом крају обраде ове наставне јединице.

Након упознавања структуре и номенклатуре карбоксилних киселина, уследило је разматрање њихових физичких својстава. У оквиру експерименталне групе (блок активности Б2, задатак 3 из радних листова), ученици су били подстакнути да физичка својства карбоксилних киселина повежу с претходно разматраним односом структуре и физичких својстава раније обрађених класа органских једињења (могућност грађења водоничних веза, присуство поларних група у молекулу, дужина угљоводоничног низа и сл.), што је у складу с принципом учења од глобалних ка локалним вештинама. С друге стране, у контролној групи ученици су слушали наставниково излагање о физичким својствима карбоксилних киселина - температури кључања, мирису и растворљивости у води.

Киселост карбоксилних киселина (блок активности Б3) је с ученицима из експерименталне групе разматрана према принципу повећања комплексности. Као што је претходно истакнуто, кисело-базна својства органских једињења представљају један од садржаја с чијим разумевањем средњошколци имају великих проблема. Да би се ти проблеми превазишли, ученици из експерименталне групе су знања о киселости карбоксилних киселина стицали полазећи од знања која су стекли из опште хемије у првом разреду гимназије (реакција дисоцијације слабих киселина,  $K_a$  и  $pK_a$  вредности киселина), као и знања из органске хемије која су стекли у осмом разреду основне школе (својства сирћетне киселине). Сходно томе, ученици су најпре приказали једначину дисоцијације сирћетне киселине, затим израз за константу равнотеже и, на основу наведене вредности ове константе, израчунали  $pK_a$  вредност сирћетне киселине (задатак 4 из радних листова). Уследило је излагање наставника о  $pK_a$  вредностима других алифатичних карбоксилних киселина и објашњење утицаја електронегативне групе на  $\alpha$  угљениковом атому на  $pK_a$  вредност моно-, ди- и трихлорсирћетне киселине (примена

методе моделовања). Ученици су, затим, применили то знање у одређивању која од понуђених  $pK_a$  вредности одговара  $pK_a$  вредности млечне киселине (задатак 5 из радних листова). Након тога, наставник је подсетио ученике на правило да јача киселина може да “истисне” слабију киселину из њене соли, на основу чега су ученици приступили решавању задатка 6 из радних листова. Претходна истраживања (Zhou *et al.*, 2015) су показала да ученици имају великих тешкоћа с поређењем киселости сирћетне киселине с киселошћу неорганских киселина, а посебно с киселошћу угљене киселине. Да би се подстакло ученичко разумевање ове проблематике, ученици из експерименталне групе решавали су задатак 6 из радних листова према принципима *Итакамура* методе артикулације. То значи да су, након читања поставке експеримента, ученици најпре предлагали хипотезе о томе која се супстанца налази у ерленмајеру на коме се након додатка соде бикарбоне балон надува. Ученици су, потом, посматрали оглед који је наставник демонстрирао уз указивање на то у ком ерленмајеру је алкохол, а у ком карбоксилна киселина. Финално, кроз разговор на нивоу разреда изведен је закључак о јачини алифатичних карбоксилних киселина, у односу на угљену киселину и алкохоле. С друге стране, ученици у контролној групи слушали су наставниково излагање о факторима који утичу на киселост карбоксилних киселина, и поређењу киселости карбоксилних и неорганских киселина. Након овог излагања, ученици у контролној групи посматрали су демонстрациони оглед кроз који су сазнали шта ће се десити када се натријум-бикарбонат дода у ерленмајере који садрже пропанску киселину и етанол.



## Блок активности Б1

• У уводном излагању наставник упознаје ученике с општом формулом и правилима везаним за номенклатуру карбоксилних киселина која ученици, затим, користе за решавање задатка 1 из радних листова. У складу с принципом ситуационог учења, наставник за сваку од карбоксилних киселина из овог задатка наводи примере њене примене у реалном животу.

• Потпунију слику о распрострањености и разноврсности карбоксилних киселина ученици добијају решавањем задатка 2 из радних листова. Примењујући претходно стечена знања о хиралности и оксидационом броју атома у органским молекулима, ученици самостално идентификују структурне хемијске формуле задатих карбоксилних киселина и упознају се с њиховим називима по IUPAC номенклатури, као и одговарајућим тривијалним називима.

• По завршетку решавања оба задатка, наставник се још једном враћа на структурне хемијске формуле обрађених карбоксилних киселина и указује ученицима на специфичности у њиховој структури, као што је већи број карбоксилних група у молекулу, или присуство нуклеофилне групе на  $\alpha$  угљениковом атому

### Радни лист 1. Карбоксилне киселине

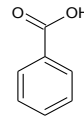
1. Напиши називе карбоксилних киселина чије су структурне хемијске формуле приказане:



а)



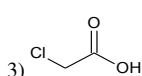
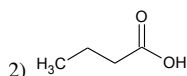
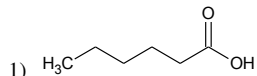
б)



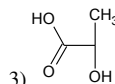
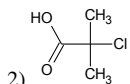
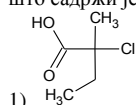
в)

2. Идентификуј која је од карбоксилних киселина, чије су структурне хемијске формуле наведене, описана следећим текстом:

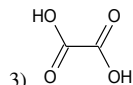
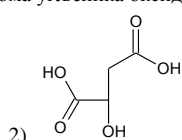
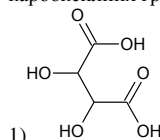
а) Дошао/ла си кући са тениског тренинга. Осећаш непријатан мирис зноја на одећи и кожи, а и патике које се скинуо/ла такође непријатно миришу. Непријатан мирис потиче од карбоксилне киселине која садржи два атома угљеника чији је оксидациони број -2. Тривијални назив ове карбоксилне киселине је бутерна киселина јер је, између осталог, присутна и у поквареном бутеру. Заокружи број поред структурне хемијске формуле те карбоксилне киселине непријатног мириса.



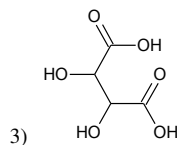
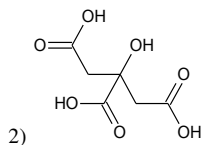
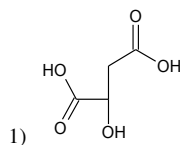
б) Продукција млечне киселине од стране тзв. лактобактерија доводи до кишељења купуса, али и до уништавања штетних бактерија чије присуство у цревима може да доведе до стомачних тегоба (лактобактерије представљају кључну компоненту цревне флоре и лекова из групе пробиотика). Упркос њеном називу, млечна киселина се не може наћи у свежем млеку, већ настаје приликом кишељења млека услед деловања лакто бактерија на дисахарид лактозу. Ова карбоксилна киселина настаје приликом контракције мишића, због чега њено нагомиланање изазива бол након интензивне физичке активности. Заокружи број поред структурне хемијске формуле млечне киселине, коју ћеш препознати по томе што садржи један хирални атом угљеника, оксидационог броја 0.



в) Таложењем калцијумове соли оксалне киселине настају каменови у бубрезима и мокраћној бешици. Заокружи број поред структурне хемијске формуле ове карбоксилне киселине, коју ћеш препознати по томе што садржи неколико карбоксилних група и два атома угљеника оксидационог броја +3, а не садржи хиралне угљеникове атоме.



г) Лимунска киселина је одговорна за киселост citrusног воћа (лимуна, наранџе, мандарине итд.). Осим тога, ова супстанца у циклусу лимунске киселине има значајну улогу у продукцији енергије у људском организму. Заокружи број поред структурне хемијске формуле лимунске киселине. Формулу ћеш препознати по томе што садржи неколико карбоксилних група, један атом угљеника оксидационог броја +1, а не садржи ниједан хирални атом угљеника.

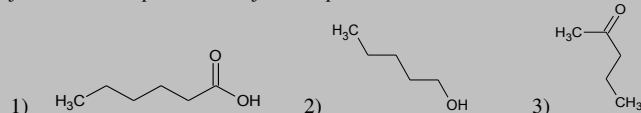


## Блок активности Б2

- Наставник подстиче ученике да физичка својства карбоксилних киселина повежу с претходно разматраним односом структуре и физичких својстава обрађених класа органских једињења (могућност грађења водоничних веза, присуство поларних група у молекулу, дужина угљоводоничног низа и сл.), што је у складу с принципом учења од глобалних ка локалним вештинама.

**Радни лист 1. Карбоксилне киселине**

3. Само једно од једињења чије су структурне хемијске формуле приказане је на температури од 160°C у течном агрегатном стању, док су остале у гасовитом агрегатном стању. Заокружи број поред структурне хемијске формуле овог једињења и образложи свој одговор.



**Блок активности БЗ**

- Разматрање киселости карбоксилних киселина засновано је на принципу повећања комплексности. Ученици најпре пишу хемијску једначину дисоцијације сирћетне киселине, затим израз за константу равнотеже и, на основу наведене вредности ове константе, рачунају  $pK_a$  вредност сирћетне киселине.

**Радни лист 1. Карбоксилне киселине**

4. а) Напиши хемијску једначину дисоцијације сирћетне киселине у воденом раствору и израз за константу равнотеже ове реакције.

б) Ако знаш да константа равнотеже хемијске реакције дисоцијације сирћетне киселине има вредност  $1,74 \times 10^{-5}$ , израчунај  $pK_a$  вредност ове карбоксилне киселине.

Следи излагање наставника о  $pK_a$  вредностима других алифатичних карбоксилних киселина и објашњење утицаја присуства електронегативне групе на  $\alpha$  угљениковом атому на  $pK_a$  вредности моно-, ди- и трихлорсирћетне киселине (примена методе моделовања). Ученици, затим, примењују знање у одређивању која од понуђених  $pK_a$  вредности одговара  $pK_a$  вредности млечне киселине.

**Радни лист 1. Карбоксилне киселине**

5. Напиши структурну хемијску формулу млечне киселине, а затим заокружи број поред оне бројне вредности за коју очекујеш да може да буде  $pK_a$  вредност ове карбоксилне киселине. Образложи свој одговор.

1) 8,72                      2) 4,76                      3) 3,86

Наставник, затим, подсећа ученике на правило да јача киселина може да “истисне” слабију киселину из њене соли, након чега ученици приступају решавању задатка 6 из радних листова.

**Радни лист 1. Карбоксилне киселине**

6. У једном ерленмајеру се налази пропанска киселина, а у другом етанол, али није ти познато која се супстанца налази у ком ерленмајеру. У оба ерленмајера се сипају по две кашичице соде бикарбоне и на грлиће ерленмајера навуку гумени балони. Само један од балона ће се притом надувати.

а) У ком ерленмајеру се налази карбоксилна киселина?

б) Напиши једначину хемијске реакције која се одиграла.

Решавање овог задатка заснива се на принципима Итакамура методе артикулације. Ученици најпре читају поставку експеримента, а затим предлажу хипотезе о томе која се супстанца налази у ерленмајеру на коме се након додатка соде-бикарбоне балон надува. Ученици, потом, посматрају како наставник демонстрира овај оглед и саопштава им у ком ерленмајеру је алкохол, а у ком киселина. Финално, кроз разговор на нивоу разреда изводи се закључак о јачини алифатичних карбоксилних киселина, у односу на угљену киселину и алкоhole.

Слика 1. Блокови активности у оквиру обраде наставне јединице *Карбоксилне киселине* с ученицима из експерименталне групе

Следећи час обраде наставне теме *Карбоксилне киселине и њихови деривати* био је посвећен естрима. Обрада ове наставне јединице с ученицима из експерименталне групе обухвата блокове активности Б4 и Б5 (Слика 2). Како би упознао ученике с реакцијом естерификације и хемијским својствима естара, у складу с принципом од глобалних ка локалним вештинама, наставник је најпре објаснио општи механизам реакције нуклеофилне ацилне супституције деривата карбоксилних киселина. У складу с препоруком да се ученичко разумевање појмова електрофил и нуклеофил најбоље подстиче кроз њихово разматрање у оквиру механизма органских реакција, током елаборације општег механизма реакције нуклеофилне ацилне супституције, наставник је указао на електрофилну/нуклеофилну природу реактаната и производа ове реакције. Стечено знање о општем механизму реакције нуклеофилне ацилне супституције, ученици су затим применили на примерима реакција алкохола и карбоксилних киселина, а потом и на примерима реакција естара и нуклеофилних агенаса, у задацима 1, 2 и 5 из радних листова. Применом методе моделинга, наставник је, затим, објаснио ученицима номенклатуру естара. Након тога, у оквиру блока активности Б5, ученици из експерименталне групе уведени су у разматрање физичких својстава естара полазећи од чињенице да ова једињења улазе у састав парфема. На овај начин, кроз примену ситуационог учења, код ученика су подстакнути интринзичка мотивација за учење, као и свест о заступљености ових једињења у реалном животу. На основу овог податка ученици су самостално извели закључак о томе која од наведених физичких својстава одговарају естрима: да су естри лако испарљиви, пријатно миришу, док чињеница да их зној на површини коже не раствара указује на нерастворљивост ових једињења у води. Уз помоћ наставника, ученици су затим размотрили факторе који утичу на температуру кључања естара (зadataк 4 из радних листова).

Обрада наставне јединице о естрима с ученицима из контролне групе подразумевала је наставничко излагање о структури, номенклатури и физичким својствима естара, као и презентовање већег броја примера реакције естерификације, као и реакција естара с нуклеофилним агенсима.

#### **Блок активности Б4**

- На самом почетку часа, у складу с принципом учења од глобалних ка локалним вештинама, наставник упознаје ученике с општим механизмом реакције нуклеофилне ацил супституције и наглашава да он важи за реакције свих деривата карбоксилних киселина с нуклеофилним агенсима.

#### **Б4(а)**

- Наставник, потом, наводи да по овом механизму и карбоксилне киселине реагују с алкохолима, при чему као производи настају естри. Затим, на конкретним примерима, објашњава и правила везана за номенклатуру естара. Новостечена знања ученици примењују у решавању задатка 1 из радних листова.
- Наставник, затим, упознаје ученике с карактеристикама реакције естерификације, на основу чега, уз примену Ле Шателеовог принципа о коме су учили у првом разреду гимназије, ученици решавају задатак 2 из радних листова

#### **Радни лист 2: Естри**

1. Напиши структурну хемијску формулу и назив естра који настаје у реакцији пропанске киселине и етанола.
  2. Када се у реакциони суд дода 1 mol етанске киселине, 1 mol етанола и 5 капи концентроване сумпорне киселине и реакциона смеша загрева, након успостављања равнотеже у систему, принос етил-етаноата износи 2/3 mol. Заокружи слова поред описа реакционих система у којима се може добити већи принос етил-етаноата, него у овом случају:
    - а) У реакциони суд је додат 1 mol сирћетне киселине, 1 mol етанола и 8 капи концентроване сумпорне киселине
    - б) У реакциони суд је додат 1 mol сирћетне киселине, 1 mol етанола и 5 капи концентроване сумпорне киселине, а етил-ацетат се удаљава из реакционог суда одмах након што се синтетише
    - в) У реакциони суд је додат 1 mol сирћетне киселине, 2 mol етанола и 5 капи концентроване сумпорне киселине
- Образложи одговоре.

#### **Блок активности Б5**

- Ученици се уводе у тематику физичких својстава естара кроз текст задатка 3 у оквиру кога сазнају да су естри компоненте парфема, на основу чега покушавају да закључе која од предложених физичких својстава могу да одговарају овој класи органских једињења.

#### **Радни лист 2: Естри**

3. Заокружи слово поред својстава за које очекујеш да га мора имати једињење које улази у састав парфема:
    - а) непријатан мирис
    - б) добра испарљивост на собној температури
    - в) добра растворљивост у води
- Естри су компоненте парфема што значи да су њихова својства:

Након стицања општег увида у физичка својства естара, кроз решавање задатка 4, ученици разматрају факторе који утичу на температуру кључања естара.

#### **Радни лист 2: Естри**

4. Које једињење има вишу температуру кључања, пропанска киселина или етил-метаноат?  
Образложи свој одговор.

#### **Б4(б)**

- На крају часа, прелазећи на хемијска својства естара, наставник наводи нуклеофилне агенсе с којима естри реагују, а ученици у оквиру задатка 5, уз ослањање на општи механизам нуклеофилне ацил супституције који је представљен на почетку часа, самостално приказују механизме задатих реакција естара с наведеним нуклеофилним агенсима

#### **Радни лист 2: Естри**

5. Прикажи механизме следећих хемијских реакција:
  - а) етил-ацетат и вода
  - б) етил-метаноат и пропанол
  - в) етил-пропаноат и амонијак

Слика 2. Блокови активности за обраду наставне јединице *Естри* с ученицима из експерименталне групе

Последњи час обраде наставне теме *Карбоксилне киселине и њихови деривати* био је посвећен преосталим класама деривата карбоксилних киселина, тј. ацил-халогенидима, анхидридима и амидима карбоксилних киселина. У складу с принципом ситуационог учења, ученици из експерименталне групе разматрали су различите представнике ових класа органских једињења кроз примере њихове примене у реалном животу (блок активности Б6, Слика 3). Неки од ових примера, као што је примена урее у пољоривреди, имају позитивне ефекте, док с примерима у којима ацил-халогениди представљају лакриматорне супстанце, а ацетанхидрид реактант у реакцији синтезе хероина, то није случај.

Наставник у контролној групи најпре је презентовао структурне хемијске формуле једињења из наведених класа деривата карбоксилних киселина. Уобичајено се о примени једињења у реалном животу говори на крају лекције, те је тако учињено у контролној групи.

Обрада физичких својстава ацил-халогенида, анхидрида и амида карбоксилних киселина била је заснована на истим принципима као и обрада физичких својстава карбоксилних киселина (блок активности Б7, Слика 3). Обрада хемијских својстава наведених класа деривата карбоксилних киселина с ученицима из експерименталне групе заснована је на принципу учења од глобалних ка локалним вештинама, тј. на примени знања о општем механизму реакције нуклеофилне ацилне супституције стеченог на претходном часу, на конкретним примерима реакција ацил-халогенида, анхидрида и амида карбоксилних киселина с нуклеофилним агенсима (блок активности Б8а, Слика 3). Истовремено долази и до ситуационог учења, пошто наставник ове реакције разматра у контексту реалног живота. Нпр., ацил-халогениди изазивају тешку иритацију влажних површина у људском организму, као што су површина ока и бронхије, због тога што ступају у реакцију с молекулима воде. Након тога, на основу информације да су естри у природи присутни као самостална једињења, док то с ацил-халогенидима није случај, наставник позива ученике да самостално упореде реактивност ових класа деривата карбоксилних киселина. На основу тога, ученици из експерименталне групе су позвани да закључе која је класа деривата карбоксилних киселина најпогоднија за брзе органске синтезе у хемијској индустрији (блок активности Б8б, Слика 3).

У контролној групи наставник је ученицима изложио податке о физичким својствима разматраних деривата карбоксилних киселина, презентовао већи број примера реакција ацил-халогенида, анхидрида и амида карбоксилних киселина с нуклеофилним агенсима и поређао ова једињења у низ према растућој хемијској реактивности.

### Блок активности Б6

- У складу с принципом ситуационог учења, ученици из експерименталне групе се упознају с различитим представницима ових класа органских једињења, кроз примере њихове примене у реалном животу. Неки од примера су примена урее у пољоривреди, ацил-халогениди као лакриматорне супстанце, ацетанхидрид као реактант у реакцији синтезе хероина.

### Блок активности Б7

- Наставник подстиче ученике да физичка својства различитих класа деривата карбоксилних киселина повежу с претходно запаженим односом структуре и физичких својстава раније обрађених класа органских једињења (могућност грађења водоничних веза, присуство поларних група у молекулу, дужина угљоводоничног низа и сл.), што је у складу с принципом учења од глобалних ка локалним вештинама.

#### Радни лист 3: Остали деривати карбоксилних киселина

- Објасни због чега је амид сирћетне киселине растворан у води, за разлику од ацетил-хлорида, анхидрида сирћетне киселине и етил-ацетата.

### Б8

Наставник подсећа ученике на општи механизам реакције нуклеофилне ацил супституције

### Б8(а)

Следи разматрање механизма реакција ацил-халогенида, анхидрида и амида карбоксилних киселина с нуклеофилним агенсима и повезивање ових реакција с њиховом применом у различитим реалним контекстима (нпр. повезивање реакције ацил-халогенида с водом са способношћу ових супстанци да изазивају иритацију влажних површина људског организма, као што су површина ока или мукозне мембране дисајних путева).

#### Радни лист 3: Остали деривати карбоксилних киселина

- Прикажи механизме хемијских реакција пропаноил-хлорида с водом, метанолом и амонијаком.
- Прикажи механизме хемијских реакција анхидрида етанске киселине с водом, етанолом и амонијаком.

Ослањајући се на управо размотрене механизме, ученици предлажу три поступка за синтезу ацетамида

#### Радни лист 3: Остали деривати карбоксилних киселина

- Предложи три поступка за синтезу ацетамида:

### Б8(б)

Коначно, следи поређење реактивности различитих класа деривата карбоксилних киселина (укључујући и естре) и повезивање с реалним контекстима (зашто естри постоје самостално у природи, док с ацил-халогенидима то није случај, која класа деривата карбоксилних киселина је најпогоднија за брзе и лаке органске синтезе у хемијској индустрији).

**Слика 3.** Блокови активности за обраду наставне јединице *Остали деривати карбоксилних киселина (ацил-халогениди, анхидриди и амиди карбоксилних киселина)* с ученицима из експерименталне групе

### **3. 1. 4. Инструменти истраживања**

Као инструменти за прикупљање квантитативних података у овом експерименту коришћени су иницијални и завршни тест.

Задаци на иницијалном тесту проверавали су знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима која су ученици стекли у осмом разреду основне школе,

протолитичкој теорији киселина и база о којој су учили у првом разреду гимназије, као и знања лекција *Алкени*, *Алкохоли* и *Карбонилна једињења*, формирана током текуће школске године. Задаци на овом тесту били су следећег типа:

- четири задатка вишеструког избора (1а, 3, 4, 11)
- три задатка алтернативног избора (8а, 10б, 10в)
- 15 задатака отвореног типа (сви остали задаци)

Ученици обе групе имали су претходно искуство у решавању свих наведених типова задатака.

Будући да је пожељно да контролна и експериментална група на почетку експеримента с паралелним групама буду што уједначеније по нивоу предзнања (Shadish *et al.*, 2002), резултати иницијалног теста представљају значајан индикатор нивоа предзнања везаног за одабрану наставну тему ученика из две групе, на почетку експеримента. Утврђено је, међутим, да иницијални тест унапред може да припреми ученике из експерименталне групе за интервенцију која ће се у експерименту применити. Такође, у експерименталној поставци где ученици и на почетку и на крају експеримента раде исти тест (што се заправо сматра уобичајеном поставком у експериментима с паралелним групама), решавање иницијалног теста може да утиче на резултате поновљеног теста на крају експеримента код ученика из обе групе (Martella *et al.*, 2013). Како бисмо избегли ове проблеме, применили смо једну од смерница за конципирање иницијалног и завршног теста (Cohen *et al.*, 2007), према којој се два теста могу разликовати по концепцији задатака, али се задаци морају односити на исте наставне садржаје. Последишно, иницијални и завршни тест у нашем експерименту су два различита теста. На овај начин, избегнута је ситуација у којој ученици исти тест раде два пута, док је захваљујући самој концепцији задатака у иницијалном тесту избегнута припрема ученика из експерименталне групе за предстојећу експерименталну интервенцију. Наиме, задаци на иницијалном тесту конципирани су тако да не захтевају примену стечених знања у решавању проблема из реалног живота, већ подсећају на задатке из уџбеника (нпр. заокружи слово испред структурне хемијске формуле једињења чијом оксидацијом може настати карбоксилна киселина). С друге стране, како би се проверила исправност хипотезе **X2**, већина задатака на завршном тесту захтевала је примену знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у решавању реалних проблема. На пример, уместо да им се постави једноставан академски захтев да утврде која од понуђених карбоксилних киселина представља  $\alpha$ , а која  $\beta$  карбоксилну киселину, од ученика се очекивало да на основу структуре ових карбоксилних киселина предложе шампон одговарајућег састава за кориснике с различитим типом коже.

Како би се проверила исправност хипотезе **X1** и стекао увид у примењене стратегије решавања проблема, готово сваки од задатака на завршном тесту садржао је захтев да ученици објасне поступак решавања. Ови задаци се, стога, сврставају у задатке отвореног типа, а ученичка решења ових задатака кодирана су као тачна само уколико је наведено коректно објашњење. Укупно, завршни тест је садржао 15 задатака отвореног типа и један задатак спаривања (2б). Потребно је истаћи и да су два задатка на завршном тесту (задаци 6 и 8), проверавала искључиво разумевање академских знања. Реч је о садржајима за које је претходно утврђено да средњошколци имају великих проблема с њиховим разумевањем: кисело-базна својства органских једињења (Furio-Mas *et al.*, 2007) и механизми хемијских реакција у органској хемији (Wojczuk, 1982; Ratcliffe, 2002; Jimoh, 2005; Childs & Sheehan, 2009).

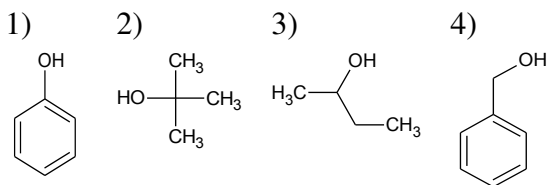
У наставку је приказан пун садржај иницијалног и завршног теста.



3. 1. 4. 1. Иницијални тест

Задатак 1

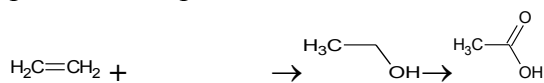
а) Заокружи број испред структурне формуле једињења чијом оксидацијом може да настане карбоксилна киселина:



б) Напиши структурну формулу карбоксилне киселине која настаје потпуном оксидацијом овог једињења:

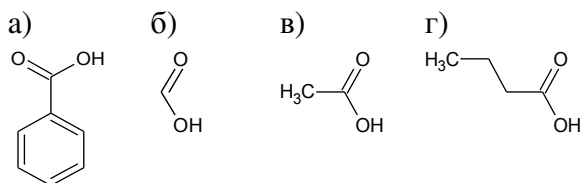
Задатак 2

На линији напиши структурну формулу реактанта, а изнад стрелице, где је то потребно, хемијске формуле супстанци чије је присуство у реакционој смеси неопходно да би се добили наведени реакциони производи:



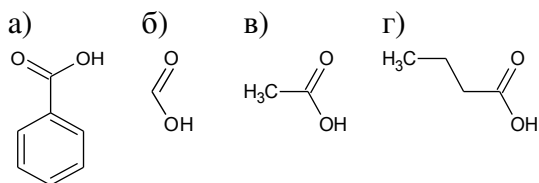
Задатак 3

Заокружи слово испред хемијске формуле једињења чији се 5 % водени раствор назива сирће:



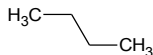
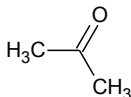
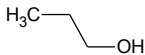
Задатак 4

Идентификуј једињење на основу следећих информација и заокружи слово испред његове структурне хемијске формуле. Једињење изазива иритацију коже у контакту са копривом. Од њега потиче карактеристичан мирис мравињака.



## Задатак 5

Једињења чије су структурне хемијске формуле приказане, поређај у низ према порасту температуре кључања (први члан у низу требало би да има најнижу температуру кључања, а последњи највишу). Образложи свој одговор.



## Задатак 6

Поређај једињења чији су називи наведени у низ према порасту растворљивости у води (први члан у низу се најслабије раствара у води, а последњи најбоље).

- а) ацетон, 2-пропанол, пропан  
б) глицерол, 1-октанол, 1-пропанол

Образложи свој одговор.

## Задатак 7

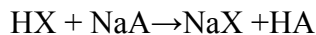
Одговори на следећа питања:

- а) Како се по протолитичкој теорији дефинишу киселине?  
б) Напиши једначину хемијске реакције дисоцијације хипотетичке киселине НА у воденом раствору:  
в) Напиши израз за константу равнотеже претходне реакције:  
г) У каквом су математичком односу константа равнотеже реакције дисоцијације киселине НА и  $pK_a$  вредност ове киселине?

## Задатак 8

Одговори на следећа питања:

- а)  $pK_a$  вредност киселине НА је 6, а  $pK_a$  вредност киселине НХ је 8. Која је од ове две киселине јача?  
б) Ако је  $pK_a$  вредност киселине НА 6, а  $pK_a$  вредност киселине НХ 8, да ли долази до следеће хемијске реакције:



Образложи свој одговор.

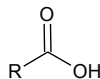
## Задатак 9

Дефиниши следеће појмове.

- а) Нуклеофил је  
б) Електрофил је

## Задатак 10

- а) Обележи парцијално наелектрисање угљениковог атома у карбоксилној групи у следећој општој формули:



- б) Заокружи број поред тачног одговора:

---

Угљеников атом карбоксилне групе у наведеној општој формули је:

1) електрофилан 2) нуклеофилан

в) због чега је подложен „нападу“ агенаса који су:

1) електрофилни 2) нуклеофилни

---

#### Задатак 11

Заокружи слово поред исказа који је тачан:

- а) Естри су изузетно нестабилна једињења, због чега не постоје самостално у природи.
  - б) Мирис воћа и поврћа потиче од једињења из класе естара.
  - в) Естри су једињења која не улазе у састав масти.
-

### 3. 1. 4. 2. Завршни тест

Задатак 1	Задатак 2
<p>а) Често можеш чути негодовање зато што се услед кувања у тврдој води, током времена, на кухињском посуђу формирају слојеви каменца. Заокружи број поред назива средства које би препоручио/ла за скидање каменца с посуђа.</p> <p>1) ацетон 2) сирће 3) медицински алкохол</p> <p>Образложи свој одговор.</p>	<p>а) Напиши структурну хемијску формулу млечне, лимунске, винске и салицилне киселине. Салицилна киселина је тривијални назив <i>o</i>-хидрокси бензоеве киселине, а изведен је из латинског назива биљке из које је ова киселина први пут изолована (<i>lat. salyx</i> - врба).</p> <p>б) Све карбоксилне киселине чије си формуле написао/ла представљају компоненте шампона за косу и средстава за умивање и чишћење коже. Међутим, свим типовима коже не одговарају исти препарати за негу. Код људи с масном кожом, релативно дебео слој масног себума прекрива површину коже, блокира отворе пора посредством којих кожа дише и прима влагу и спречава одстрањивање изумрлих ћелија са површине коже. Нагомилавањем изумрлих ћелија у порама коже лица долази до појаве митисера, док нагомилане и међусобно слепљене изумрле ћелије коже главе, заробљене у масном слоју на површини коже, представљају перут. Ако знаш да су <math>\beta</math>-хидрокси карбоксилне киселине липосолубилне, а <math>\alpha</math>-хидрокси карбоксилне киселине хидросолубилне, које од наведених препарата би препоручио/ла Марији која има масну кожу, а које Милице која има нормалан тип коже? Број препарата упиши поред имена особе којој га препоручујеш.</p>
<p>б) Напиши једначину хемијске реакције која се одиграва приликом скидања каменца овим средством.</p>	<p>Марија: Милица:</p> <p>1) Шампон X с екстрактом врбе 2) Шампон Y с екстрактом лимуна 3) Средство за умивање с винском киселином 4) Јогурт као средство за умивање</p>

## Задатак 3

Козметички препарати који садрже уреу, користе се за хидрирање коже. Тако препарати са изузетно високим садржајем урее (40%) могу да врате влажност чак и потпуно отворљој кожи, попут оне на петама. Објасни на који начин уреа задржава воду у кожи.

## Задатак 4

Само једна од наведене три супстанце је на температури од 220 °С у течном агрегатном стању, док су остале две на тој температури у гасовитом агрегатном стању. Заокружи слово поред назива супстанце у течном агрегатном стању.

- а) метил-ацетат
- б) амид пропанске киселине
- в) ацетил-хлорид

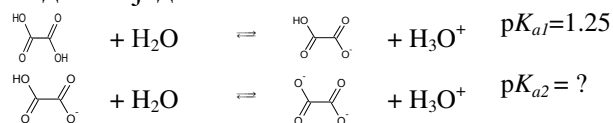
Образложи свој одговор.

## Задатак 5

У две чаше је сипана једнака запремина две безбојне течности. Једна од ових течности је хексанска киселина, а друга етил-бутаноат. Међутим, није познато која се супстанца налази у којој чаши. Како се то може утврдити?

## Задатак 6

Заокружи слово испред бројне вредности за коју очекујеш да представља  $pK_{a2}$  вредност оксалне киселине.  $pK_{a1}$  и  $pK_{a2}$  вредности оксалне киселине одређују се на основу реакција дисоцијације представљених следећим једначинама:

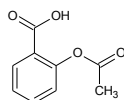


- а) 4,41
- б) 1

Образложи свој одговор.

## Задатак 7

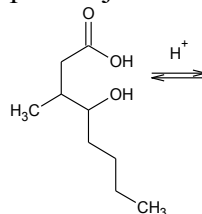
Пред тобом је структурна формула аспирина, познатог аналгетика и анти-инфламаторног лека:



До синтезе аспирина долази у реакцији салицилне киселине (*o*-хидрокси бензоеве

## Задатак 8

а) Доврши следећу једначину хемијске реакције:



б) Једињење које настаје као производ наведене хемијске реакције спада у групу органских једињења која се називају лактони.

---

киселине) и супстанце X. Супстанца X може бити:

- 1) етаноил-хлорид
- 2) анхидрид етанске киселине
- 3) амид етанске киселине

На линијама напиши број који стоји поред назива супстанце коју би користио/ла као супстанцу X за брзу и лаку синтезу аспирина, под следећим условима:

а) Аспирин се синтетише у школској хемијској лабораторији, с релативно слабом вентилационим системом.

---

б) Аспирин се синтетише у индустријском постројењу с јаким вентилационим системом.

---

Образложи свој избор супстанце, X у оба случаја.

---

### Задатак 9

---

На сликама А и Б приказане су две апаратуре за извођење реакције естерификације.

У оба случаја у балон 1 додат је по 1 mol алкохола X ( $T_k=117\text{ }^\circ\text{C}$ ), 1 mol карбоксилне киселине Y ( $T_k=143\text{ }^\circ\text{C}$ ) и неколико капи концентроване сумпорне киселине, као катализатора. Производи естерификације су естар Z ( $T_k=86\text{ }^\circ\text{C}$ ) и вода ( $T_k=100\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Садржај балона 1 загрева се до

---

Овај конкретни лактон даје арому алкохолном пићу вискију, због чега се популарно назива „виски лактон”.

На основу хемијске формуле виски лактона, закључујеш да су лактони по хемијском саставу:

---

---

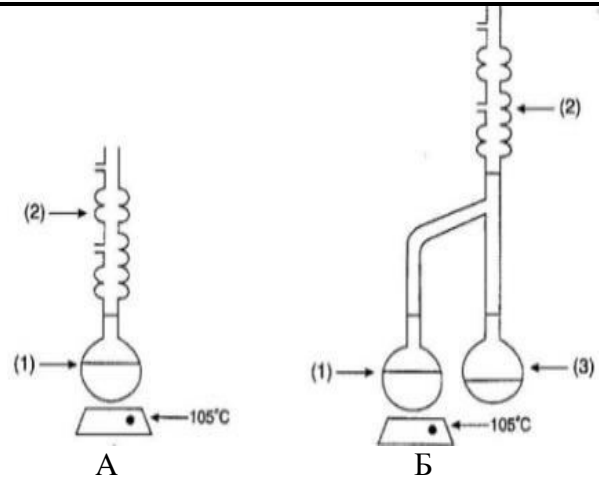
температуре од  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Из балона 1 у реакционом систему А, паре једињења одлазе у повратни кондензатор за хлађење 2. Ту, услед хлађења, прелазе у течно агрегатно стање и сливају се назад у балон 1.

Из балона 1 реакционом систему Б на температури од  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  паре једињења прелазе у повратни кондензатор за хлађење 2. Ту услед хлађења прелазе у течно агрегатно стање, а затим сливају у балон 3.

У ком од описана два реакциона система је принос естра Z већи?

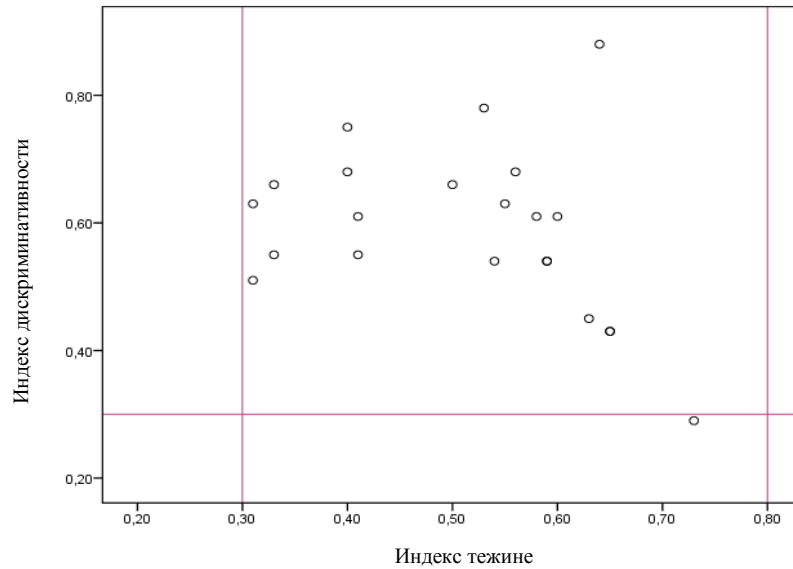
Образложи свој одговор.

---



### 3. 1. 4. 3. Валидност и поузданост инструмената истраживања

Ради провере унутрашње конзистентности тестова израчунат је алфа коефицијент поузданости (KR20). Такође, за сваки од задатака на иницијалном и завршном тесту, утврђене су вредности индекса тежине и индекса дискриминативности. KR20 вредност за иницијални тест била је 0,86, док је дистрибуција вредности индекса тежине и индекса дискриминативности задатака на овом тесту приказана на Слици 4.

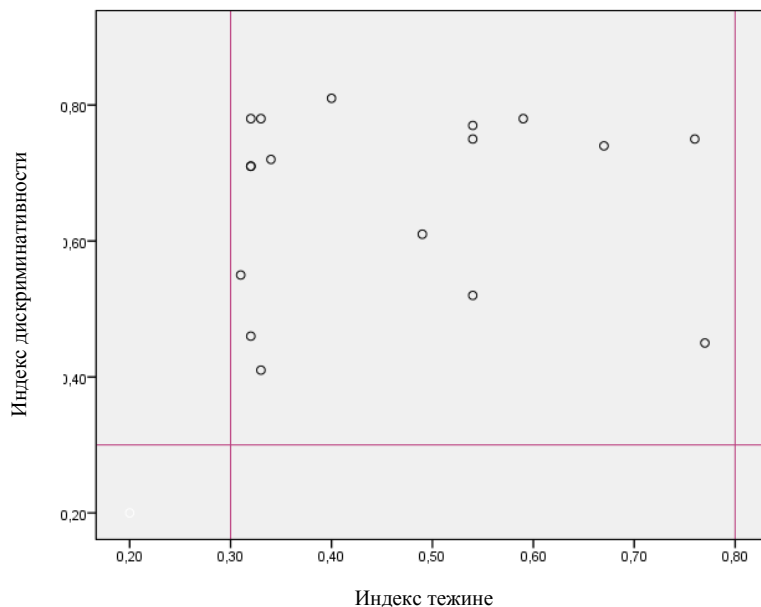


**Слика 4.** Дистрибуција вредности индекса тежине и индекса дискриминативности задатака на иницијалном тесту

Вредности индекса дискриминативности задатака на иницијалном тесту налазе се у опсегу од 0,25 до 0,89, док се вредности индекса тежине налазе у опсегу од 0,3 до 0,79.

За завршни тест, утврђена је KR20 вредност од 0,87, док је дистрибуција вредности индекса тежине и индекса дискриминативности задатака на овом тесту приказана на Слици 5.





**Слика 5.** Дистрибуција вредности индекса тежине и индекса дискриминативности задатака на завршном тесту

Вредности индекса дискриминативности задатака на завршном тесту налазе се у опсегу од 0,4 до 0,89, док се вредности индекса тежине крећу у опсегу од 0,3 до 0,79.

На основу KR20 вредности установљених за оба теста, које су значајно више од најниже дозвољене вредности 0,70 (Nunnally, 1978), може се закључити да оба теста имају релативно висок степен унутрашње конзистентности. Такође, будући да су све вредности индекса тежине и индекса дискриминативности за задатке у оба теста (с изузетком једног индекса дискриминативности за иницијални тест) веће од најниже дозвољене вредности 0,3 (Peterson *et al.*, 1989; Ozmen, 2008), оба теста се могу примењивати без било какве даље ревизије.

### 3. 1. 5. Статистичка обрада података

Коришћењем SPSS софтверског пакета за статистичку анализу, установљен је укупан проценат тачних одговора ученика из контролне и експерименталне групе на иницијалном и завршном тесту. Статистичка значајност разлике у укупном проценту тачних одговора ученика из две групе на оба теста је, затим, утврђена помоћу упареног  $t$  теста. Додатно, за сваки од задатака у оквиру иницијалног и завршног теста установљен је број ученика из обе групе који су га тачно/нетачно урадили, а статистичка значајност разлике у постигнућима ученика из две групе је, затим, утврђена помоћу хи-квадрат теста.

## 3. 2. Методологија истраживања којим су испитани ефекти примене интердисциплинарног приступа у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера

### 3. 2. 1. Предмет, циљ и организација истраживања

Будући да је добро концептуално разумевање процеса варења, у оквиру кога кључно место заузимају знања из органске хемије, од великог значаја за развој здравих навика у исхрани код ученика средњих школа, те да би интердисциплинарни приступ могао да представља веома ефективно средство за унапређивање наставе о овом физиолошком процесу, **предмет** овог истраживања је испитивање ефеката примене интердисциплинарног приступа у настави о процесу варења, код ученика гимназије природно-математичког смера.

**Циљ** је да се утврди да ли примена интердисциплинарног приступа у настави о процесу варења доприноси бољем концептуалном разумевању и бољој функционализацији знања органске хемије везаног за овај физиолошки процес, у односу на традиционални, дисциплинарни, приступ настави. У складу с наведеним циљем, постављене су следеће **истраживачке хипотезе**:

**Х3.** *Интердисциплинарни приступ настави је статистички значајно успешнији од дисциплинарног приступа у подстицању бољег концептуалног разумевања градива органске хемије везаног за процес варења, код ученика гимназије природно-математичког смера.*

**Х4.** *Интердисциплинарни приступ настави је статистички значајно успешнији од дисциплинарног приступа у подстицању боље оспособљености ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања из органске хемије везаног за процес варења, у реалном животу.*

Ради провере тачности наведених истраживачких хипотеза, у оквиру обраде наставне теме *Варење* с ученицима четвртог разреда гимназије природно-математичког смера, спроведен је педагошки експеримент с паралелним групама. С ученицима из експерименталне и контролне групе радило се током четири школска часа у трајању од 45 минута, по два часа недељно. Општи план рада у оквиру експеримента приказан је у Табели 3.

**Табела 3.** План рада у експерименталној и контролној групи у оквиру педагошког експеримента с паралелним групама којим су испитани ефекти примене интердисциплинарног приступа у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера

Редни број часа	Активности у експерименталној групи	Активности у контролној групи
1.	<b>Иницијално тестирање</b>	<b>Иницијално тестирање</b>
2.	<b>Обрада</b> наставне теме <i>Варење</i> према	<b>Обрада</b> наставне теме <i>Варење</i> у складу с
3.	принципима интердисциплинарног	традиционалним приступом настави
4.	приступа настави	
5.	<b>Завршно тестирање</b>	<b>Завршно тестирање</b>

У оквиру првог часа истраживања, ученици из експерименталне и контролне групе решавали су иницијални тест, чиме су утврђени ниво и уједначеност њиховог предзнања из хемије, биологије и физике везаног за наставну тему *Варење* на почетку експеримента. Задаци на иницијалном тесту, као што ће касније бити објашњено, били су конципирани по угледу на задатке у уџбенику, тј. тако да нису захтевали повезивање и примену знања из различитих научних дисциплина у решавању реалних проблема, већ једноставну репродукцију дисциплинарних академских знања или њихову примену у решавању академских проблема. Следећа два часа била су посвећена обради наведене наставне теме. Обрада градива везаног за процес варења с ученицима из експерименталне групе била је заснована на интердисциплинарном приступу настави, док је с ученицима из контролне групе примењен дисциплинарни приступ. Од два часа обраде новог градива први је био посвећен процесу варења у устима, ждрелу, једњаку и желуцу, а други варењу у танком и дебелом цреву. На последњем, четвртом часу истраживања ученици из обе групе решавали су завршни тест, чији је циљ био поређење ефеката интердисциплинарног и дисциплинарног приступа настави у подстицању бољег разумевања и боље функционализације градива о процесу варења. Као што ће касније бити објашњено, задаци у овом тесту захтевали су примену знања о овом процесу у решавању проблема из реалног живота.

### 3. 2. 2. Узорак истраживања

У експерименту је учествовало 258 ученика четвртог разреда гимназије природно-математичког смера из Четврте и Пете београдске и Гимназије „Урош Предић“ из Панчева. Из сваке од наведених гимназија у експерименту је учествовало по четири одељења природно-математичког смера, при чему су два одељења методом случајног одабира сврстана у оквир контролне, а преостала два у оквир експерименталне групе.

Финално, у експерименталној групи је било 125, а у контролној 133 ученика. Узорак од 258 ученика обезбеђује високу поузданост овог експеримента, представља репрезентативан узорак, као и узорак који је валидан за статистичка израчунавања  $t$  теста и хи-квадрат теста.

Након упознавања с предметом, циљем и детаљно изложеним планом експеримента, његово спровођење у свакој од школа одобрено је од стране директора и чланова актива природних наука. Затим је састављен уговор о сарадњи сваке од школа и Хемијског факултета, кога су потписали директор школе и декан факултета. Поред тога, сви ученици који су учествовали у експерименту добровољно су прихватили учешће.

У оквиру овог експеримента с ученицима из обе групе радио је аутор дисертације, чиме је дејство Хоторновог ефекта изазваног присуством новог наставника било уједначено у обе групе. Као и у претходном експерименту, ради додатног ублажавања дејства овог ефекта, ученицима није наведено да припадају различитим групама, при чему ће у једној од њих бити примењен иновативни приступ настави, нити да се њихова постигнућа пореде, већ им је регуларни наставник једноставно навео да ће наредна четири часа с њима радити нови наставник, докторанд, који ће часове држати у оквиру обавезне школске праксе на докторским студијама. На овим часовима ученици ће радити и тестове које је докторанд саставио, а њихова постигнућа на тестовима неће бити позната регуларном наставнику. Настава с ученицима из две групе, као и у претходном истраживању конципирана је тако да се на први поглед не могу уочити значајне разлике у начину рада, а организована је у уобичајеним терминима за часове хемије у хемијском кабинету и школској хемијској лабораторији.

### **3. 2. 3. Организација наставе с ученицима из експерименталне и контролне групе**

Наставни садржаји које су у оквиру експеримента обрађени с ученицима из експерименталне и контролне групе приказани су у Табели 4.

**Табела 4.** Наставни садржаји који су у оквиру експеримента обрађени с ученицима из експерименталне и контролне групе

<b>Тип наставног садржаја</b>	<b>Компоненте наставног садржаја</b>
<b>Укус нутријената</b>	Супстанце које су одговорне за слатак, кисео, слан и горак укус

	Дигестивни ензими који су активни у устима, желуцу и танком цреву
	Типови нутријената које разлажу дигестивни ензими и одговарајући продукти њихове разградње
<b>Дигестивни ензими</b>	Оптимални услови за активност различитих дигестивних ензима
	Разматрање због чега се у људском организму дигестивни ензими желуца и панкреаса синтетишу у облику неактивних проензима
	Ресорпција моносахарида, аминокиселина и масних киселина у танком цреву
<b>Ресорпција нутријената</b>	Ресорпција воде у дебелом цреву
	Ресорпција алкохола у желуцу, типови хране који могу да убрзају или успоре ресорпцију алкохола
<b>Патолошка стања дигестивног тракта</b>	Горушица, панкреатитис, нетолеранција одређених типова хране, формирање жучних каменова

---

Наставне садржаје из Табеле 4, ученици из контролне групе обрадили су уз строго придржавање начина на који су ови садржаји презентовани у уџбенику хемије за четврти разред гимназије природно-математичког смера (Petrović & Velimirović, 2002).

С друге стране, у складу с принципима интердисциплинарног приступа настави, ученицима из експерименталне групе знања су презентована уз њихово повезивање с претходно стеченим знањима из биологије и физике. Уместо из уџбеника, ученици из експерименталне групе су о процесу варења учили из интердисциплинарног текстуалног материјала састављеног уз ослањање на релевантну литературу о овом процесу (Guyton & Hall, 2006; Sullivan, 2004). На почетку оба часа обраде новог градива наставне теме *Варење*, ученици из експерименталне групе добијали су радне листове у којима су задаци били конципирани тако да, у складу с принципима интердисциплинарног приступа настави, ученике подстакну да нова знања о овом процесу повежу с претходно стеченим знањима из биологије, и у случају ресорпције хране, физике. Ученици су све задатке решавали у групама од по четири члана. Када би све групе завршиле с решавањем задатка, представник сваке групе извештавао је остале ученике о решењу до кога су дошли. Наставник би, затим, позвао остале ученике да процене тачност решења и, по потреби, предложи и објасне алтернативна решења.

Први час обраде наставне теме *Варење* био је посвећен варењу у устима и желуцу. На почетку часа, наставник је позвао ученике да кроз решавање задатка 1 из радних листова (Слика б) обнове своје знање о анатомији уста. Уједно, разматрајући функцију зуба у ситњењу хране, обновљени су и појмови физичко и хемијско варење хране. Надовезујући се на разматрање улоге пљувачних жлезда у процесу варења, у задатку 1 из радних листова, наставник је подсетио ученике да хемијско варење у устима започиње захваљујући присуству дигестивних ензима амилазе и липазе, који су одговорни за почетак разградње скроба и хране липидног порекла, а представљају компоненте пљувачке. Пљувачка садржи и бикарбонатне јоне који обезбеђују оптималне, алкалне, услове за активност ових ензима.

Наставник је затим подсетио ученике да је препознавање различитих укуса хране могуће захваљујући присуству густативних квржица на површини слузокоже језика. Кроз решавање задатка 2 из радних листова су, затим, размотрене супстанце које изазивају слadak, слан, кисео и горак укус.

Наставник је, потом, подсетио ученике да храна из уста, кроз ждрело и једњак прелази у желудац, где кључну улогу у процесу варења има желудачни сок, који производе тзв. главне ћелије желудачне мукозе. Сама помисао на храну, детекција укуса хране од стране густативних квржица језика, као и физичко присуство хране у желуцу стимулишу ове ћелије да луче желудачни сок. У оквиру решавања задатка 3 из радних листова, ученици су, затим, применили своје знање о компонентама желудачног сока.

Надовезујући се на решење овог задатка, наставник наводи да главне ћелије желудачне мукозе луче неактивни прекурсор ензима пепсина-пепсиноген, како би се спречило да, у одсуству хране, овај ензим не почне да уништава протеине самог желуца. По доспећу хране у желудац, у присуству хлороводоничне киселине која уједно обезбеђује и оптималне, киселе услове за активност пепсина, пепсиноген се трансформише у активни пепсин. Кроз решавање задатка 4 из радних листова, ученици су, затим, применили своје знање о функцији пепсина. На крају часа, наставник је с ученицима размотрио патолошко стање познато под називом горушица.

<b>Радни лист 1: Варење у устима и желуцу</b>
1. Подвуци називе анатомских компоненти усне дупље које учествују у процесу варења:  Зуби, меко непце, крајници, језик, пљувачне жлезде

За сваку од анатомских компоненти усне дупље чији си назив подвукао/-ла наведи која је њена улога у процесу варења у устима:

2. Повежи називе наведених супстанци с врстом укуса који изазивају, а називе супстанци које не изазивају ниједан од наведених укуса подвучи:

Скроб	Слатко
Сирћетна киселина	Горко
Фруктоза	Кисело
Говеђи серум албумин	Слано
Натријум-флуорид	
Холестерол	
Кинин	

3. Подвучи називе компоненти желудачног сока:

Натријум-бикарбонат, хлороводонична киселина, амилаза, пепсин, липаза, пепсиноген

4. Заокружи слово поред назива намирнице у чијем варењу учествује желудачни ензим пепсин:

- а) скроб
- б) говеђе месо
- в) свињска маст
- г) маслиново уље

**Слика 6.** Радни лист с задацима везаним за процес варења у устима и желуцу

Други час обраде наставне теме *Варење* с ученицима из експерименталне групе започет је решавањем задатка 1 из радних листова (Слика 7), кроз који су се ученици подсетили улоге акцесорних органа у процесу варења у дванаестопалачном цреву. Надовезујући се на решавање задатка 1 из радних листова, наставник је подсетио ученике да је за одвијање процеса варења у дванаестопалачном цреву кључно присуство панкреасног сока који садржи дигестивне ензиме који настављају разлагање протеина, липида и скроба, започето у устима и желуцу. Наставник је затим објаснио да се, као што је то случај с пепсином у желуцу, и протеолитички ензими панкреасног сока синтетишу у

виду неактивних проензима, како у одсуству хране не би уништавали ћелије самог панкреаса, што се и дешава у патолошком стању познатом под називом панкреатитис.

Ученици затим прелазе на решавање задатка 2 из радних листова, кроз који се подсећају да у састав панкреасног сока улазе и бикарбонатни јони, чија је улога да неутралишу кисели садржај који у дванаестопалачно црево стиже из желуца. Наставник објашњава да је захваљујући присуству ових јона у лумену дванаестопалачног црева средина алкална, што је неопходно како за активацију проензима панкреасног сока, тако и за обезбеђивање оптималних услова за функционисање активираних ензима.

Затим се прелази на разматрање процеса варења липида у лумену дванаестопалачног црева. Наставник објашњава да присуство хране липидног порекла у дванаестопалачном цреву стимулише ослобађање жучи која је синтетисана у јетри, а затим ускладиштена у жучној кеси, из жучне кесе у лумен дванаестопалачног црева. Кроз решавање задатка 3 из радних листова се, затим, разматра на који начин соли конјугованих жучних киселина доприносе разбијању крупних липидних агрегата на ситне капљице у оквиру којих липаза из панкреасног сока лако може да приђе свим липидним молекулима и оствари своју дигестивну функцију. Наставник затим објашњава да због потребе за разбијањем крупних липидних агрегата помоћу соли конјугованих жучних киселина варење хране богате липидима траје дуже од варења хране богате угљеним хидратима или протеинима, због чега се ова храна и назива тешком храном. На крају разматрања процеса варења у дванаестопалачном цреву, наставник упознаје ученике и с патолошким стањем у коме долази до формирања жучних каменова.

На самом крају обраде наставне теме *Варење*, размотрена је ресорпција нутријената до које, највећим делом, долази у завршном делу танког црева. Наставник је подсетио ученике да су зидови овог дела танког црева обложени многобројним прстоликим израштајима који се називају вили, а који имају кључну улогу у процесу ресорпције нутријената. Наставник упознаје ученике с анатомијом појединачног вилуса на нивоу кога само мали молекули као што су моносахариди, аминокиселине и масне киселине могу бити ресорбовани из лумена црева у крв или лимфу. Пошто су молекули дисахарида превелики да би били ресорбовани, одговарајући ензими присутни на површини вилуса их морају разложити на појединачне моносахариде. Ако је, међутим, активност ових ензима отежана или смањена, као што је то случај у патолошком стању које се назива нетолеранција лактозе случај с ензимом лактазом, дисахариди остају неразграђени и, пошто их је немогуће ресорбовати, остају у лумену црева што може довести до непријатних тегоба попут дијареје, грчева и надимања.



Кроз решавање задатка 4 из радних листова ученици се, затим, подсећају механизма мембранских транспортних процеса с којим су се упознали на часовима физике и биологије. Наставник, затим, објашњава да се ресорпција нутријената заснива управо на овим транспортним процесима, и то ресорпција моносахарида и аминокиселина на процесу активног транспорта, а ресорпција масних киселина на процесу олакшане дифузије. Наставник објашњава и да се највећи део воде ресорбује преко процеса осмозе, али на нивоу дебелог црева.

Пошто коришћење алкохола представља један од великих проблема везаних за адолесцентни период, на крају обраде ресорпције нутријената размотрена је и ресорпција алкохола у желуцу, као и типови хране који могу да убрзају или успоре овај процес.

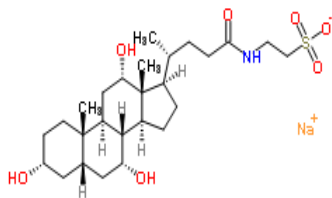
### **Радни лист 2: Варење у танком цреву и ресорпција нутријената**

1. Подвуци називе органа чије је учешће неопходно да би се процес варења у дванаестопалачном цреву, које представља почетни део танког црева, несметано одвијао:

јетра      слезина      жучна кеса      панкреас

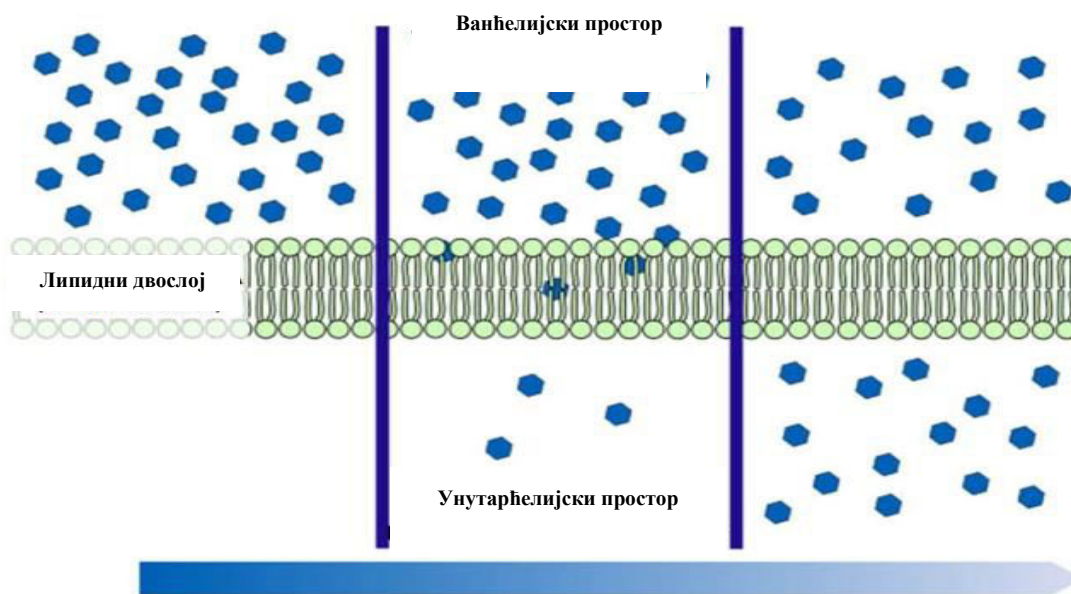
2. Објасни на који начин у лумену дванаестопалачног црева долази до неутрализације киселог садржаја који пристиже из желуца?

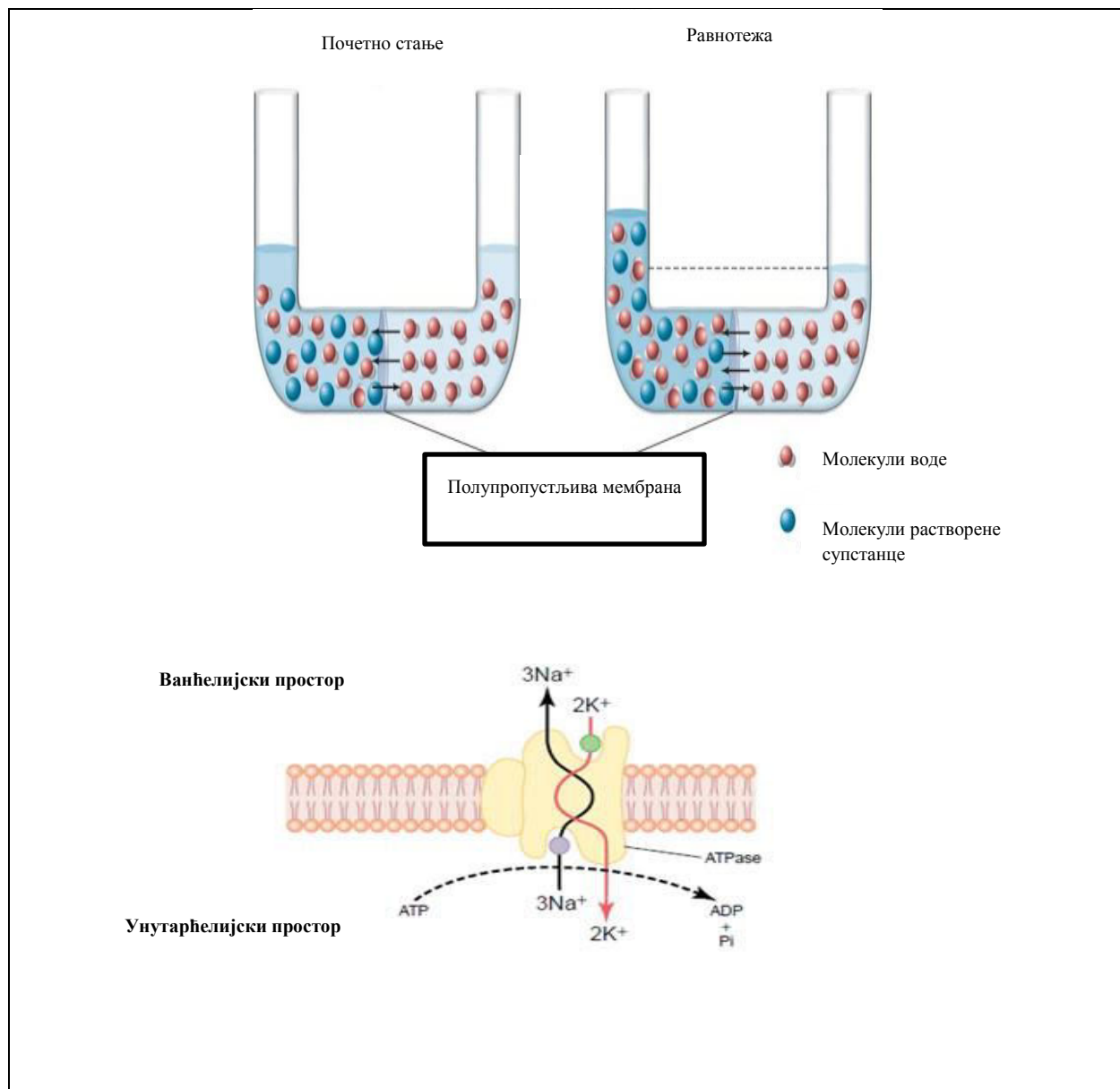
3. Приказана је структурна хемијска формула натријумове соли таурохолне киселине, која представља компоненту жучи. Имајући у виду структуру овог једињења, објасни на који начин оно доприноси разбијању крупних липидних агрегата у лумену дванаестопалачног црева на ситне капљице којима липаза лако може да приступи и тако оствари своје дејство.



Натријумова со таурохолне киселине

4. Приказани су механизми различитих мембранских транспортних процеса. Напиши њихове називе:





**Слика 7.** Радни лист с задацима везаним за процес варења у танком цреву и ресорпцију нутријената

У даљем тексту је у целости представљен садржај интердисциплинарног текстуалног материјала из кога су ученици из експерименталне групе учили о процесу варења.

## **1. Увод**

### *1. 1. Због чега људи морају да једу?*

Нормално функционисање људског организма заснива се на непрекидном одвијању на хиљаде хемијских реакција, при чему сваку од њих катализује специфични ензим. Збир свих хемијских реакција које се одигравају у једном организму називамо метаболизмом. Хемијске реакције које су део метаболизма повезане су у метаболичке путеве у којима производи једне хемијске реакције одмах постају реактанти у следећој реакцији, производи те реакције опет учествују у следећој реакцији итд., све док се не добије крајњи производ тог метаболичког пута.

Метаболички путеви могу имати два различита исхода. Они могу водити ка синтези сложених биомолекула из једноставних прекурсора, тј. синтези протеина из аминокиселина, синтези гликогена из молекула глукозе, синтези триглицерида из масних киселина и глицерола, као и синтези других класа липида из одговарајућих градивних елемената, или синтези нуклеинских киселина из азотних база, пентозних шећера и фосфата. Ови биомолекули учествују у изградњи људског тела и регулацији кључних телесних функција. Метаболички путеви у оквиру којих долази до њихове синтезе чине компоненту метаболизма која се назива анаболизам, или једноставно биосинтеза. За нормално одвијање биосинтетских реакција, неопходна је енергија.

Енергија се добија из метаболичких путева који имају потпуно супротан исход, тј. путева у којима се сложени биомолекули (полисахариди, триглицериди и протеини) који су унесени у организам путем хране разлажу до врло једноставних производа као што су угљен-диоксид, вода, уреа, млечна киселина. Ови метаболички путеви чине компоненту метаболизма која се назива катаболизам.

Енергија која се ослобађа у оквиру катаболичких путева мора се превести у форму која може да се искористи у биосинтетским реакцијама. Та форма је аденозин-трифосфат (АТП). У молекулу АТП-а три негативно наелектрисане фосфатне групе везане су једна за другу и међусобно се електростатички одбијају. Због тога, увођење друге, а посебно треће фосфатне групе у молекул АТП-а захтева довођење енергије, што значи да је синтеза АТП-а ендотерман процес. Енергија неопходна за синтезу АТП добија се из катаболичких путева. Приликом хидролизе АТП-а једна фосфатна група се отпушта, а енергија ослобођена у овој егзотермној реакцији користи се у биосинтетским реакцијама.

Дакле, можемо рећи да је основни разлог због којег морамо да једемо то што путем хране људски организам обезбеђује енергију неопходну за одвијање биосинтетских процеса.

Осим тога, аминокиселине, масне киселине и глукоза добијени из хране могу се користити и као градивни елементи за синтезу ћелијских протеина, липида, и гликогена, а посебно је важно то што се путем хране обезбеђују и оне супстанце које људски организам не може да синтетише, а то су поједине аминокиселине и масне киселине, као и витамини и минерали, чије је присуство неопходно за нормално одвијање метаболичких реакција.

## *2. Макро- и микронутријенти*

По завршетку часова Марко је свратио до оближњег киоска брзе хране и купио пљескавицу, помфрит и милкшејк. Пошто је ученик четвртог разреда гимназије, он без проблема може да утврди који су то све биомолекули присутни у његовом ручку. Најпре, ту су угљени хидрати. У млеку из милкшејка је дисахарид лактоза. У погачи у коју је упакована пљескавица и кромпиру (помфриту) присутан је скроб, а у салати као прилогу, целулоза. Месо из хамбургера извор је протеина. Оно такође садржи масти, а липидне природе је и уље на којем је пржен помфрит. У хамбургеру и помфриту има и доста соли. Месо садржи доста гвожђа из хемоглобина, а извор витамина су листови зелене салате.

Угљени хидрати (са изузетком целулозе), масти, протеини, минерали и витамини присутни у Марковом ручку називају се хранљивим материјима или нутријентима. Угљени хидрати, липиди и протеини су макронутријенти. Њиховом разградњом организам обезбеђује енергију и градивне елементе потребне за биосинтетске процесе. Витамини и минерали су микронутријенти. Они су неопходни за несметано одвијање хемијских реакција у којима учествују макронутријенти. Правилна исхрана заснива се на редовном уносу обе класе нутријената у организам.

### *2. 1. Угљени хидрати*

Угљени хидрати представљају основни извор енергије за наш организам. Људски организам функционоше тако да се енергија из угљених хидрата може добити искључиво у процесу разградње глукозе. Сви други моносахариди се релативно лако могу превести у глукозу, или неки од продуката процеса разградње глукозе и тако укључити у овај енергетски пут. Да би били од користи ћелијама људског организма, дисахариди и полисахариди се најпре морају разградити до моносахарида. Тако се лактоза из млека

најпре мора разградити до глукозе и галактозе, а скроб (резервни полисахарид биљака) и гликоген (резервни полисахарид животиња) се разлажу на велики број молекула глукозе. Још један битан разлог због којих се олигосахариди и полисахариди морају разградити до моносахарида да би ћелије могле да их користе је и то што су они превелики да би прошли кроз ћелијске мембране. Ћелијске мембране су пропустљиве само за моносахариде.

За све ћелије у људском организму глукоза је важан извор енергије, али је ипак најважнији за ћелије нашег мозга, које нису у стању да користе друге изворе енергије (масне киселине и аминокиселине). Вишак глукозе, који преостаје након што се подмире тренутне енергетске потребе организма, складишти се у форми гликогена првенствено у јетри, мада је мала количина гликогена присутна и у мишићима. Вишак глукозе користи се и за синтезу масних киселина које се уграђују у молекуле триглицерида и складиште у масном ткиву, и за синтезу аминокиселина, које затим улазе у састав ћелијских протеина.

Глукоза из гликогена и масне киселине из триглицерида масног ткива користе се као извори енергије у периоду између оброка.

## 2. 2. *Липиди*

Путем хране се у људски организам уносе три важне класе липида: триглицериди, фофолипиди и стероли.

Триглицериди су по структури триацилглицероли. Масне киселине које са глицеролом граде естарске везе у молекулима триглицерида могу бити засићене и незасићене. Незасићене масне киселине најзаступљеније су у биљним уљима. Људски организам не може да синтетише линолну и линолеинску киселину, па се оне морају обезбедити кроз исхрану, због чега их називамо есенцијалним масним киселинама. Засићене масне киселине су најзаступљеније у мастима животињског порекла. Разградњом масних киселина ослобађа се велика количина енергије и оне представљају главни извор енергије за људско срце.

Разградња масних киселина започиње у митохондријама. Молекули масних киселина који се у организам уносе путем хране обично имају паран број угљеникових атома, а процес њихове разградње се одвија тако што се од њиховог угљеничног скелета узастопно одвајају фрагменти од по два угљеникова атома. Ови фрагменти идентични су онима који се добијају у процесу разградње глукозе и неких аминокиселина. Сви они улазе у заједнички циклични метаболички пут који се назива Кребсов циклус, у оквиру кога се дешава њихова финална разградња на два молекула  $\text{CO}_2$ .

Триглицериди се, као што је претходно речено, у организму могу складиштити у масном ткиву, одакле се масне киселине ослобађају онда када је организму потребна енергија, а не добија је путем хране. Док се молекули глукозе могу искористити за синтезу масних киселина, масне киселине се у људском организму не могу искористити за синтезу глукозе.

Насупрот триглицеридима, фосполипиди за организам не представљају извор енергије, већ важну градивну компоненту, јер формирају фосфолипидни двослој ћелијских мембрана.

Холестерол, један од најважнијих стерола, у организам се уноси путем хране животињског порекла. Његова функција у организму је такође структурна. Он сам улази у састав ћелијских мембрана, а служи и као прекурсор за синтезу жучних киселина, мушких и женских полних хормона и хормона надбубрежних жлезда, кортикостероида и алдостерона.

### *2. 3. Протеини*

Главни извор протеина је храна животињског порекла, мада су протеини присутни и у биљним ткивима. Протеини се морају разложити до аминокиселина, да би ћелије могле да их преузму посредством својих ћелијских мембрана и искористе. Аминокиселине се у ћелијама користе или као градивни елементи за синтезу ћелијских протеина, или као извори енергије када се, након уклањања амино групе, укључују у Кребсов циклус. Њихови угљенични скелети могу послужити и за синтезу глукозе.

Вишак аминокиселина у људском организму не може да се складишти. Чувају се само њихове амино групе у форми глутаминске киселине, док се угљенични скелети излучују путем урина. Ове амино групе се онда када је то потребно могу искористити у ћелијама у процесу биосинтезе других аминокиселина. Триптофан, метионин, валин, треонин, лизин, леуцин, изолеуцин, хистидин и фенилаланин називамо есенцијалним аминокиселинама, јер се у људском организму не синтетишу и морају се свакодневно уносити путем хране.

### *2. 4. Витамини*

Витамини су неопходни за нормално одвијање хемијских реакција у којима учествују макронутријенти. Ћелије људског организма не могу да синтетишу витамине, због чега се потребне количине сваког од њих, свакодневно морају обезбедити путем

хране. Већина витамина се путем хране уноси у активном облику, док се витамини А и Д уносе у облику неактивних провитамина, који се активирају у самом организму.

Разликујемо две групе витамина, од којих једну групу чине липосолубилни, а другу хидросолубилни витамини. У липосолубилне витамине спадају витамини А, Д, Е и К. Они могу да се складиште у организму, због чега, ако су заступљени у превеликим количинама, могу да постану и токсични. Хидросолубилни витамини су витамини Б комплекса, витамин Б12, витамин Ц и фолна киселина. Са изузетком витамина Б12 који се складишти у јетри, остали хидросолубилни витамини се у људском организму не складиште.

Витамин А налазимо у храни животињског порекла, као што је рибље уље, али га има и храни биљног порекла као што су парадајз и спанаћ. Овај витамин је неопходан за нормалан развој очију, а његов недостатак изазива поремећај вида који се назива кокошје слепило.

Витамин Д, такође, налазимо у рибљем уљу. У организам се уноси у виду неактивног провитамина који у активну форму прелази дејством UV зрачења сунчеве светлости. Неопходан је за нормалан развој костију, а његов недостатак доводи до рахитиса.

Витамин К налазимо у поврћу, а неопходан је за нормално одвијање процеса згрушавања (коагулације) крви. Синтетишу га и бактерије у дебелом цреву.

Витамин Е има функцију антиоксиданса у организму, а његови главни извори су рибље месо, кикирики, пшеничне клице. Између осталог, веома је важан за нормално функционисање мушких и женских репродуктивних органа.

Главни извор витамина Б групе је квасац, а они су важни за нормално функционисање нервног система.

Витамин Б12 и фолна киселина неопходни су за нормално одвијање процеса синтезе ДНК. Фолне киселине највише има у поврћу, а посебно је важна током трудноће, за нормалан развој фетуса. Витамин Б12 добијамо из меса и јаја, али га синтетишу и бактерије у дебелом цреву. Његов недостатак изазива тежак облик анемије.

Витамин Ц је јак антиоксиданс, а највише га има у цитрусном воћу и поврћу. Због свог антиоксидативног дејства учествује у неутрализацији слободних радикала који



настају, између осталог, и у запаљенским реакцијама које се развијају приликом бактеријских и вирусних инфекција организма.

## *2. 5. Минерали*

Путем хране, у организм се уносе и минералне супстанце. Људском организму су најпотребнији натријум, калијум, калцијум, магнезијум, гвожђе, сумпор, хлориди и фосфати. У далеко мањим количинама потребни су и бакар, јод, селен, молибден, цинк, манган, флуор. Минералне супстанце у организму имају најразличитије улоге. Многи метални јони представљају кофакторе без чијег присуства многи ензими не могу да обављају своју каталитичку функцију. Калцијум-фосфат даје чврстину костима и зубима, док гвожђе улази у састав хемоглобина који је неопходан за транспорт кисеоника путем крви у организму. Јод улази у састав хормона тироидне жлезде који регулишу темпо којим се одвијају метаболички процеси. Јони натријума, калијума и хлоридни јони кључни су за осморегулацију.

## **3. Грађа и функција дигестивног система**

### *3. 1. Општи преглед грађе дигестивног система*

Као што се из претходног текста може видети, ћелије људског организма могу посредством својих ћелијских мембрана да усвоје и потом искористе као изворе енергије или градивне елементе, само веома мале молекуле моносахарида, аминокиселина и масних киселина. Међутим, у храни коју једемо ови мали молекули се не налазе у слободном облику, већ улазе у састав биомолекула сложене грађе (полисахарида, протеина и триацилглицерола). У процесу варења који се одвија у дигестивном систему, ови сложени биомолекули се у лумену цревног канала најпре разграђују до малих молекула које ћелије могу да искористе, а они се затим, из лумена цревног канала транспортују у крвоток и лимфоток, посредством којих доспевају до свих ћелија у организму.

Главна компонента дигестивног система је цревни (алиментарни канал). У питању је заправо цев дужине око 10 метара, која почиње и завршава се отвором. Отвор на почетку цревног канала су уста, посредством којих храна доспева у организм, док је отвор на крају цревног канала анални отвор, посредством кога се из организма избацују све оне компоненте хране које наш организм не може да искористи. Између ова два отвора цревни канал је издељен на низ одељака при чему сваки од њих има специфичну грађу и функцију. То су усна дупља, ждрело, једњак, желудац, танко црево и дебело црево.

Танко и дебело црево су и сами издељени на мање одељке, који обављају специфичне функције. Поред цревног канала у процесу варења важну улогу имају помоћни (акцесорни) органи, а то су жучна кеса и панкреас.

Пошто се одвија у лумену цревног канала а не у унутрашњости ћелија, варење у људском организму назива се ванћелијским. Такође, разликујемо физичко и хемијско варење. У процесу физичког варења храна која се унесе у организам подлеже само физичким променама као што су уситњавање, превођење из чврстог у кашасти облик и сл. У процесу хемијског варења храна подлеже хемијским променама, што подразумева разградњу сложених биомолекула полисахарида, протеина и триацилглицерола који су компоненте хране, на једноставне мале молекуле моносахарида, аминокиселина, масних киселина и глицерола.

### *3.2. Варење у усној дупљи*

Процес варења почиње у усној дупљи, где храна подлеже и физичком и хемијском варењу. Важну улогу у почетној фази физичког варења у усној дупљи имају зуби. Одрастао човек у свакој вилицы има по 16 зуба, и то: 4 секутића, 2 очњака, 4 прекутњака и 6 кутњака. Секутићи одсецају крупне комаде, тј. залогаје хране. Очњаци ове комаде секу на мање делове, које потом прекутњаци и кутњаци дробе на још ситније комаде. Током процеса уситњавања, храна се константно меша са пљувачком, због чега као финални продукт процеса варења у усној дупљи настаје кашаста маса која се назива болус. Ова кашаста маса без проблема из усне дупље клизи наниже кроз ждрело и једњак до желуца, док би се чврсти комади хране, чак и максимално уситњени радом кутњака далеко теже спуштали и лако би могли да остану заглављени у ждрелу и једњаку.

Пљувачка је продукт лучења пљувачних жлезда. У усној дупљи су смештена три пара ових жлезда: подјезичне, подвиличне и доушне пљувачне жлезде. Оне дневно произведу око 1-1,5 литара пљувачке. Пошто продукте свога лучења посредством одводних канала излучују директно у усну дупљу, пљувачне жлезде спадају у групу егзокриних жлезда.

Лучење пљувачке стимулисано је присуством хране у усној дупљи (присуство хране детектују рецептори који су осетљиви на притисак и рецептори за укус), али је врло често и мирис хране, па и сама помисао на храну довољна да изазове њено лучење. Осим што помаже да се храна из чврстог преведе у кашасто стање и тако учествује у физичком варењу, пљувачка је укључена и у процес хемијског варења. Наиме, хемијско варење у усној дупљи започиње захваљујући ензимима амилази и липази, које су саставни део пљувачке. Амилаза катализује хидролизу  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) гликозидних веза скроба. Пошто је овај ензим активан само у базној средини, пљувачка садржи бикарбонатне јоне, који обезбеђују оптималне услове за њено функционисање. Пљувачна липаза је ензим који

катализује разлагање триглицерида до глицерола и масних киселина, а као и амилаза, активна је само у базној средини. Оба ензима настављају своју активност и у ждрелу и једњаку, али се инактивирају у желуцу, где су услови изразито кисели.

У процесу варења у усној дупљи врло важну улогу има и језик. То је мишићни орган који омогућава мешање уситњене хране и пљувачке и настајање кашастог болуса. Када се болус формира, радом језика он бива потиснут ка ждрелу. На површини језика налазе се мале квржице које садрже ћелије које су осетљиве на сладак, слан, горак и кисео укус. Надраживање ових ћелија, као што је претходно наведено, доводи до интензивнијег лучења пљувачке, што је неопходно за нормално одвијање процеса варења у усној дупљи. Горак укус храни даје већи број органских супстанци, које углавном припадају класи алкалоида. Слани укус потиче од разних натријумових соли (NaCl, NaI, NaF, NaBr), као и CaCl<sub>2</sub>, KCl, LiCl. Утврђено је да катјони ових соли знатно више доприносе сланом укусу од анјона. Сладак укус такође потиче од различитих супстанци. У питању су моносахариди (глукоза, галактоза), дисахариди (малтоза, лактоза, сахароза), аминокиселина аланин, али и неке друге органске супстанце, као што је хлороформ. Храна која је богата скробом по доспећу у усну дупљу нема укус, али када услед дејства пљувачне амилазе дође до разградње скроба до малтозе, почињемо да региструјемо сладак укус. Кисео укус храни дају разне киселине као што су млечна, сирћетна и лимунска киселина.

У близини корена језика налазе се крајници (тонзиле). То су агрегати лимфног ткива чија је улога да " прегледају" храну која је доспела у усну дупљу и детектују евентуално присуство патогених микроорганизама. Ако се њихово присуство детектује, ћелије имуног система, лимфоцити, које су присутне у крајницима, елиминишу ове микроорганизме и на тај начин штите људски организам од инфекције.

### *3. 3. Ждрело и једњак*

Радом језика болус хране из уста бива потиснут у ждрело (фаринкс). У ждрелу долази до укрштања дисајних путева и дигестивног система. Горњи део ждрела, назофаринкс, припада искључиво респираторном систему. Он се наставља на орофаринкс, део ждрела у који прелази храна када напусти усну дупљу. Из орофаринкса храна прелази у ларингофаринкс, најнижи део ждрела на који се наставља једњак који припада дигестивном систему, док ваздух након проласка кроз орофаринкс и ларингофаринкс прелази у трахеју, која припада респираторном систему. Орофаринкс и ларингофаринкс су дакле, заједнички за оба система.

Ждрело је обложено специфичним пехарастим ћелијама, које луче слузави мукус. Мукус "подмазује" зидове ждрела, смањује трење које се јавља приликом кретања болуса дуж зидова ждрела и тако обезбеђује да болус хране лако склизне кроз ждрело до једњака. Ваздух који је прошао кроз ждрело, међутим, прелази у трахеју која се налази непосредно испред једњака и тако долази до раздвајања респираторног и дигестивног система. У одсуству хране, улаз у једњак затвара хрскавичави поклопац епиглотис.

Једњак је мишићна цев која се скупља тј. бива згрчена све док храна из усне дупље не крене ка ждрелу. Кроз једњак се храна спушта до желуца, али не може директно да пређе из једњака у желудац, јер улаз у желудац затвара кружни мишић који се назива кардијачни сфинктер. Осим овог сфинктера, директан пролаз хране у желудац, спречава и дијафрагма.

### *3. 4. Гутање*

Језик, ждрело и једњак укључени су у процес гутања, којим храна из усне дупље бива потиснута ка желуцу. Гутање је комплексан процес који, заправо, представља рефлексну реакцију. Када храна напусти усну дупљу, језик се поставља тако да блокира повратак хране из ждрела у уста. Истовремено, једњак се исправља, издужује и уздиже што доводи до "збацивања" епиглотиса који се помера тако да сада затвара улаз у трахеју. Тиме се спречава да храна из ждрела пређе у респираторни систем, док јој је пут ка ждрелу и нижем деловима алиментарног канал отворен.

### *3. 5. Перисталтички покрети*

Почев од једњака, зидови цревног канала садрже барем два слоја глатких мишићних влакана. У једном слоју глатка мишићна влакна су распоређена уздужно, а у другом у облику кружних прстенова. Грчење узастопних кружних прстенова глатких мишића, називамо перисталтичким покретима. Они су одговорни за потискивање хране од виших ка нижим деловима цревног канала. Потискивање се дешава тако што присуство хране у одређеном делу цревног канала изазива грчење мишићног прстена непосредно иза места где се храна налази, што доводи до њеног померања унапред. Цео процес је сличан оном када гумено црево за заливање пуно воде притиснемо на одређеном месту. Вода ће бити потиснута унапред, у односу на то место. Перисталтички покрети нормално потискују храну из ждрела у желудац, из желуца у танко црево. Код повраћања се, међутим, перисталтички покрети одвијају у супротном смеру.

### 3. 6. Аутономни нервни систем и регулација процеса варења

У регулацији перисталтичких покрета, као и бројних других процеса у дигестивном систему (гутање, лучење хормона, лучење желудачне киселине и панкреасног сока) важну улогу има аутономни нервни систем. Контрола се остварује посредством мреже неурона (која се назива ентерички нервни систем) која прожима целокупни цревни канал и акцесорне органе, а у чијој инервацији учествују неурони аутономног нервног система. Аутономни нервни систем се састоји из симпатичког и парасимпатичког нервног система. Симпатички систем је одговоран за реакције типа "бори се и бежи", тј. одговоран је за наше реакције у по живот опасним и стресним ситуацијама. У оваквим условима процес варења се одвија успорено, јер симпатички неурони шаљу до ентеричког система импулсе који успоравају претходно наведене процесе. Због тога, људи који су константно изложени стресу имају проблема са варењем. У ситуацијама када смо опуштени или када мирујемо, активира се парасимпатичка компонента аутономног нервног система која подстиче перисталтичке покрете и лучење дигестивних сокова, па се процес варења тада несметано одвија.

### 3. 7. Варење у желуцу

У усној дупљи, дејством пљувачне амилазе и липазе, започиње хемијско варење скроба и триглицерида, док протеини остају хемијски непромењени. Хемијско варење протеина започиње у желуцу.

Када перисталтички покрети потисну болус хране до краја ждрела, долази до релаксације кардијачног сфинктера, чиме се храни ослобађа пут за прелазак у желудац. Варење протеина у желуцу одвија се у његовом највећем сегменту који се назива тело желуца. Непосредно изнад тела, а испод кардијачног сфинктера, налази се део желуца који се назива фундус. Фундус има улогу привременог складишта хране. Наиме, само део хране који из једњака пређе у желудац одмах подлеже хемијском варењу у телу желуца, док се остатак привремено складишти у фундусу. Када храна након хемијске обраде пређе из тела желуца у танко црево, онај део хране који је био ускладиштен у фундусу спушта се у тело желуца ради хемијске обраде, док фундус прима нову количину хране из једњака. Тиме се обезбеђује да у тело желуца, а касније и у дванаестопалачно црево доспе тачно онолико хране колико може да се, у складу са њиховим капацитетима, потпуно хемијски обради.

У зиду тела желуца присутна су четири типа ћелија које се не могу наћи ни на једном другом месту у цревном каналу. Пехарасте епителске ћелије луче дебео слој мукуса који облаже зидове желуца и тако их штити од оштећења која могу да изазову

други продукти лучења желудачних ћелија, а један од најбитнијих је свакако хлороводонична киселина, коју луче паријеталне ћелије. Трећи тип ћелија специфичних за желудац су тзв. главне ћелије које луче пепсиноген. Пепсиноген је неактивни прекурсор (проензим) ензима пепсина. Овај ензим катализује хемијске реакције хидролизе пептидне везе, које доводе до цепања дугих полипептидних ланаца протеина, на краће пептидне фрагменте. Ензими који катализују реакције које доводе до разградње протеина, називају се протеолитичким ензимима или пептидазама. Сваки протеолитички ензим катализује реакције у којима долази до хидролизе пептидних веза у чијем формирању учествују тачно одређене аминокиселине. Пепсин катализује реакцију хидролизе пептидних веза унутар полипептидног ланца протеина (због чега спада у групу ендопептидаза) у чијем грађењу учествују аминокиселине ароматичних или дикарбоксилних аминокиселина. Пепсин се лучи у облику неактивног прекурсора, како у одсуству хране не би уништавао градивне протеине самог желуца. Пепсиноген може прећи у активни пепсин само у киселој средини, коју обезбеђује хлороводонична киселина. Пепсин помешан са хлороводоничном киселином формира дигестивни желудачни сок. Још један тип ћелија који се може наћи само у желуцу су такозване Г ћелије. Оне луче хормон гастрин, који стимулише лучење продуката све три претходно наведене врсте ћелија.

У регулацији функције желуца важну улогу има и парасимпатички нервни систем. Већ сама помисао на храну, али и активација рецептора за укус када храна доспе у усну дупљу, доводе до нервне стимулације Г ћелија од стране парасимпатичких неурона, а тиме и до повећаног лучења хлороводоничне киселине и пепсиногена. Када храна доспе у желудац, активирају се специфични рецептори који реагују на истезање зидова желуца, што доводи до још јаче стимулације Г ћелија и врло интензивног лучења гастрин, хлороводоничне киселине и пепсиногена.

У јако киселој средини која је обезбеђена присуством хлороводоничне киселине (рН 1-3,5) пепсиноген прелази у активни пепсин. рН вредност која се постиже у присуству хлороводоничне киселине, оптимална је за његову активност. Хлороводонична киселина помаже дејство пепсина на још један начин. Полипептидни ланци протеина увијају се у глобуле, због чије стабилности је неопходно да се неполарни аминокиселински остаци (међу којима су и ароматичне аминокиселине које пепсин специфично препознаје) изолују од контакта са околном поларном средином. Због тога, неполарне аминокиселине остају заробљене унутар протеинских глобула. Сам пепсин не може да се пробије у унутрашњост протеинске глобуле, нити да катализује хидролизу пептидних веза које повезују аминокиселинске остатке који су ту заробљени. У киселој средини, међутим, долази до денатурације протеина, тј. до потпуног развијања њихових полипептидних ланаца, због чега пепсин без проблема катализује хидролизу свих пептидних веза за које је

специфичан. Хлороводонична киселина у желуцу има и дезинфекциону улогу, јер уништава микроорганизме који у њега доспеју путем хране.

Зидови желуца, поред стандардна два слоја глатких мишића, садрже и додатни слој у којем су глатка мишићна влакна распоређена дијагонално. Када храна доспе у желудац, нервна стимулација од стране парасимпатичког нервног система изазива њихово интензивно грчење. Захваљујући оваквом распореду мишићних влакана желудац може да се грчи у свима правцима, што омогућава врло ефикасно мешање хране у желуцу са хлороводоничном киселином и пепсином, али и физичко варење јер се храна услед ових покрета додатно уситњава и преводи у житку структуру која се назива хим. Ови покрети, такође, потискују храну ка танком цреву. Када храна напусти желудац, симпатички систем зауставља контракције ових мишића.

Као што се из претходног текста може видети, липиди и угљени хидрати у желуцу не подлежу хемијском варењу. И док се храна богата угљеним хидратима услед грчења мишића желудачног зида, релативно лако преводи у облик хима и прелази у танко црево, са храном која је богата липидима то није случај. Интензивно и дуготрајно грчење желудачних мишића, које је за нас често веома непријатно, неопходно је како би се "лепљива" липидна маса, мешањем са желудачним соком, превела у облик хима. Због тога се оваква храна у желуцу и задржава знатно дуже од хране која је богата неким од остала два типа макронутријената.

Када рН у желуцу достигне вредност 1, по принципу негативне повратне спреге, долази до драстичног смањења лучења хлороводоничне киселине од стране главних ћелија, а тиме се аутоматски смањује и активност пепсина. У том тренутку, хим је спреман за прелазак у танко црево, па долази до релаксације пилоричног сфинктера, који је до тада затварао пролаз ка дванаестопалачном цреву. Присуство киселог садржаја у дванаестопалачном цреву региструју специфични рецептори. Њихова активација доводи до смањења нервне стимулације Г ћелија желуца, чиме се процес варења у желуцу још више успорава.

Нормално функционисање сфинктера који се налазе на улазу и излазу из желуца од кључног је значаја за здравље дигестивног система. Ако кардијачни сфинктер у потпуности не спречава да се кисели садржај из желуца врати у ждрело, киселина ће почети да нагриза зидове ждрела, јер они нису заштићени дебелим слојем мукуса, као што је то случај са ћелијама желуца. Ово стање се означава као горушица. Ако пак, пилорични сфинктер не затвара у потпуности пролаз од желуца ка дванаестопалачном цреву, киселина ће нагризати ћелије овог дела танког црева и настаје чир на дванаестопалачном цреву. Чир на желуцу најчешће изазива бактерија *Helicobacter pylori*. Ова бактерија

производи ензиме који уништавају зид желуца. Сама је отпорна на дејство хлороводоничне киселине, јер је способна да производи амонијак, који у непосредном окружењу бактеријске ћелије неутралише хлороводоничну киселину.

### *3. 8. Варeње у танком цреву*

Танко црево је најдужа компонента цревног канала. Дугачко је око 6 метара и у оквиру њега постоје три различита одељка: дуоденум, јејунум и илеум. Дуоденум се још назива и дванаестопалачно црево, јер је дугачак онолико колико и дванаест ручних палаца постављених један до другог, тј. око 25 центиметара.

Доспеће киселог хима у дванаестопалачно црево покреће низ процеса. Специфичне Ц ћелије дванаестопалачног црева реагују на присуство киселог садржаја и луче хормон холецистокинин. Под дејством овог хормона у дванаестопалачно црево се из жучне кесе излучује жуч, а из панкреаса панкреасни сок, који садржи дигестивне ензиме у неактивном облику. Панкреасни сок има рН вредност око 9, јер се у дванаестопалачном цреву у присуству киселог хима поред холецистокинина истовремено лучи и хормон секретин, који стимулише лучење бикарбоната из панкреаса. Алкални панкреасни сок неутралише хлороводоничну киселину из хима и тако спречава да киселина нагриза зидове танког црева. Садржај из желуца, у дванаестопалачном цреву услед даљег лучења бикарбоната из панкреаса, затим, брзо постаје алкалан, што је од кључног значаја, јер су дигестивни ензими панкреаса активни само у базној средини. Ови ензими катализују разградњу протеина, скроба, триглицерида и нуклеинских киселина.

#### *3. 8. 1. Хемијско варeње протеина у танком цреву*

Дуги полипептидни ланци протеина разлажу се у дванаестопалачном цреву на кратке пептидне фрагменте и појединачне аминокиселине, дејством протеолитичких ензима панкреаса. Они се у панкреасу луче у облику неактивних проензима, који тек по доспећу у дванаестопалачно црево прелазе у активну форму. Слично као и код пепсина у желуцу, лучење протеолитичких ензима панкреаса у неактивном облику је неопходно, јер када би се ови ензими директно лучили у активном облику, "нападали" би и уништавали и протеине панкреаса. Управо ово се дешава код патолошког стања које се назива панкреатитис. Полипептидни ланци ових проензима, у односу на активне ензиме, садрже додатне пептидне фрагменте који су смештени у активном месту ензима, чиме спречавају везивање протеинских супстрата. По доспећу у дванаестопалачно црево, цревни ензим ентерокиназа одсеца овај пептидни фрагмент код проензима трипсиногена, чиме активно место ензима бива ослобођено и ензим постаје активан. Активирани трипсин затим, по истом принципу, активира проензиме осталих протеолитичких ензима панкреасног сока.



Поред трипсина, у протеолитичке ензиме панкреаса спадају и химотрипсин, еластаза, као и карбоксипептидаза и аминокептидаза. Трипсин, химотрипсин и еластаза катализују хидролизу пептидне везе унутар полипептидног ланца, тј. реч је о ендопептидазама. Сваки од ових ензима катализује хидролизу пептидних веза на специфичним местима. Тако трипсин катализује разлагање пептидних веза у којима карбоксилна група потиче од лизина и аргинина, химотрипсин катализује разлагање пептидних веза у којима карбоксилна група потиче од ароматичних аминокиселина, а еластаза је активна код било које пептидне везе у чијем грађењу учествује карбоксилна група аминокиселина са неполарним бочним низом. Егзопептидазе карбоксипептидаза и аминокептидаза нападају С-, односно N- терминус полипептидног ланца, и тако одсецају појединачне аминокиселине.

### *3. 8. 2. Хемијско варење липида у танком цреву*

У хемијском варењу липида у танком цреву, врло важну улогу имају жучне киселине. У питању су стероидна једињења која се синтетишу у јетри, полазећи од холестерола. Слободна карбоксилна група жучних киселина формира амидну везу са аминокиселина глицина или таурина и тако настају конјуговане жучне киселине. Натријумове соли конјугованих жучних киселина складиште се у жучној кеси, која их, стимулирана присуством холецистокинина, кроз жучни канал истискује у дванаестопалачно црево. Поред соли конјугованих жучних киселина, жуч садржи и холестерол, фосфолипиде, као и супстанце које јој дају боју. Једна од тих супстанци је жути билирубин који настаје разградњом хема из хемоглобина. Прекомерне количине холестерола у жучној кеси, доводе до настајања жучних каменова. Они могу да блокирају жучни канал и онемогуће ослобађање жучи у дванаестопалачно црево, а то доводи до престанка хемијског варења липида.

Триаилглицероли се у дванаестопалачном цреву разлажу дејством панкреасне липазе до глицерола и масних киселина. У химу који у дванаестопалачно црево доспева из желуца, неполарни молекули триаилглицерола, како би максимално смањили додирну површину са околном поларном средином, формирају крупне агрегате. Многобројним молекулима триаилглицерола који су "заробљени" унутар ових агрегата липаза не може да приђе. Ту у помоћ прискачу конјуговане жучне киселине. Њихово дејство слично је дејству сапуна и детерџента на масне мрље на тканинама и посућу.

Молекули конјугованих жучних киселина се састоје из неполарног "репа" (стероидно језгро) и поларне "главе" (карбоксилна група). Захваљујући неполарним реповима, молекули конјугованих жучних киселина продиру у унутрашњост липидних агрегата. Сваки молекул триацилглицерола бива са свих страна окружен молекулима конјугованих жучних киселина, чији су неполарни репови усмерени ка неполарном липидном молекулу, а негативно наелектрисане поларне главе ка споља. На тај начин крупни липидни агрегати бивају разбијени на ситне мицеле у оквиру којих је један липидни молекул окружен огртачем који формирају молекули конјугованих жучних киселина. Због присуства поларних карбоксилних група, површина ових мицела је јако негативно наелектрисана, па се оне међусобно електростатички одбијају, чиме је спречено поновно формирање агрегата. Процес разбијања крупних липидних агрегата на ситне мицеле дејством конјугованих жучних киселина назива се емулгација, јер липидне мицеле заједно са својим поларним окружењем (у коме су расуте попут ситних капљица) у дванаестопалачном цреву, заправо, формирају емулзију. Липидни молекули обавијени огртачем чија је спољна страна поларна сада се без проблема растварају у поларној алкалној средини дванаестопалачног црева и сваки од њих је лако доступан липази.

Због потребе за разбијањем крупних липидних агрегата, хемијско варење хране богате липидима у танком цреву се одвија знатно спорије и теже у односу на храну која је богатија другим класама нутријенета. Ако се уз то има у виду да се храна овог типа пре преласка у танко црево знатно дуже задржава у желуцу, где је неопходно интензивно грчење мишића желудачног зида како би се превела у облик који може да пређе у танко црево, није чудно што је називамо "тешком" храном.

### *3. 8. 3. Хемијско варење угљених хидрата у танком цреву*

Панкреасни сок садржи и амилазу која као и пљувачна амилаза катализује хидролизу  $\alpha$  (1→4) гликозидних веза у скробу. Дејством панкреасне амилазе скроб се разлаже на кратке дисахаридне фрагменте малтозе.

У панкреасном соку не постоји ензим који катализује хидролизу  $\beta$  (1→4) гликозидних веза, због чега целулоза не спада у хранљиве материје и из организма се путем фецеса ослобађа у хемијски неизмењеном облику. Међутим унос целулозе у организам је ипак значајан и непходан. Целулозна влакна везују вишак холестерола који се унесе путем хране, тако да се он заједно са целулозом одмах избацује из организма, те не долази до његовог нагомилавања у масном ткиву и крвним судовима. Целулозна влакна подстичу перисталтичке покрете црева који омогућавају боље мешање хране са дигестивним ензимима и потискивање хранљивих састојака ка нижим деловима црева, где долази до њихове ресорпције. Све оно што не буде апсорбовано, дејством перисталтичких покрета потискује се ка крају цревног канала и бива избачено из организма путем фецеса.

## **4. Ресорпција хране**

### *4. 1. Грађа зида танког црева*

Продукти добијени дејством дигестивних ензима у лумену танког црева, као и витамини и минерали, још увек нису доступни за коришћење ћелијама организма. Да би се то десило мора доћи до њихове ресорпције. Моносахариди, аминокиселине, масне киселине и глицерол, већина витамина и минерала, као и део воде, ресорбују се у танком цреву и то у његова почетна два сегмента. У илеуму се ресорбује само витамин Б12.

Зидови танког црева садрже велики број прстоликих израштаја који се називају вили. Захваљујући постојању вили, површина танког црева посредством које се ресорпција може обављати, увећана је око двадесет пута. Зидови сваког од ових израштаја састоје се из једног слоја специфичних епителских ћелија, ентероцита. Површина ових ћелија која је окренута ка лумену црева богата је ситним трепљама које се називају микровили. Вили и микровили су стално у покрету, што им омогућава да лакше дођу у додир са хранљивим супстанцама. У оквиру сваког вилуса, уз саме ентероците налази се по један крвни и један лимфни капилар. Имајући у виду овакву структуру вилуса, процес ресорпције се одвија на следећи начин: 1) нутријенти из лумена црева најпре бивају преузети од стране ћелија ентероцита 2) ентероцити предају нутријенте крви или лимфи из оближњих крвних и лимфних капилара. Посредством крви и лимфе нутријенти доспевају до свих ћелија у организму којима су потребни.

### *4. 2. Ресорпција моносахарида и аминокиселина*

Разградњом скроба, коју катализује амилаза пљувачних жлезда и панкреаса, настаје превасходнодисахарид малтоза. У лумен танког црева путем хране доспевају и дисахариди сахароза и лактоза. Дисахариди су превелики да би прошли кроз мембрану ентероцита. Зато се на самој мембрани ових ћелија налазе ензими малтаза, сахараза и лактаза који катализују реакције разградње ових дисахарида до одговарајућих моносахарида, који могу да прођу кроз мембрану. Нетолеранција лактозе је веома распрострањен поремећај процеса ресорпције, а јавља се услед недостатка ензима лактазе. Код људи који пате од овог поремећаја лактаза је присутна у најранијем детињству, али већ у периоду пубертета њена продукција у организму скоро потпуно престаје.

Транспорт глукозе из лумена танког црева у цитоплазму ентероцита је сложен процес који захтева утросак енергије, јер се транспорт врши насупрот концентрационом градијенту, тј. глукоза се посредством мембране транспортује из области мање у област

веће концентрације. Транспорт супстанци насупротив концентрационом градијенту, због чега је за његово одвијање потрбна енергија, назива се активним транспортом. Глукоза као поларна супстанца не може да прође кроз фосфолипидну мембрану ентероцита на било ком месту, већ само на местима где постоје за њу специфични протеински рецептори. Ови рецептори специфично препознају и везују само глукозу, али је неће транспортовати насупротив концентрационом градијенту без довођења енергије. Они функционишу тако што она страна рецепторског молекула која је окренута ка цитоплазми специфично везује АТП, катализује његову хидролизу и тиме се добија енергија потребна за транспорт. Приликом катализовања хидролизе рецептор мења свој облик, при чему се отвара пролаз за прелазак глукозе у цитоплазму. По истом принципу, уз учешће за њих специфичних рецептора, врши се и транспорт осталих моносахарида, али и аминокиселина у цитоплазму ентероцита.

Пептиди добијени дејством дигестивних протеолитичких ензима најпре се дејством пептидаза које се налазе на површини мембране ентероцита разлажу на појединачне аминокиселине, а затим се свака од њих везује за специфичан рецептор и активним транспортом пребацује у цитоплазму ентероцита. Из ентероцита аминокиселине и моносахарида прелазе у крвоток. Пошто су моносахариди и аминокиселине поларне супстанце, оне се путем крви (која садржи 77-82% воде) транспортују у слободном облику.

Коришћење глукозе која у организам доспе путем хране регулисано је од стране панкреаса. Различите групације ћелија панкреаса омогућавају му да врши функцију и егзокрине и ендокрине жлезде. Ћелије егзокриног панкреаса производе панкреасни сок, који се посредством одводног канала ослобађа у дванаестопалачно црево. Ћелије ендокриног панкреаса своје продукте луче директно у крвоток. Ти продукти су хормони инсулин и глукагон. Када се, после обилног оброка, концентрација глукозе у крви повећа, ћелије ендокриног панкреаса луче хормон инсулин. Присуство инсулина, сигнал је за ћелије организма да је глукоза присутна у крвотоку. Такође, док се молекули инсулина не вежу за специфичне рецепторе који постоје на мембранама свих ћелија у организму, оне неће бити у стању да преузимају глукозу из крви и користе је за своје потребе. Вишак глукозе, који ћелије нашег организма не искористе, у присуству инсулина, користи се у јетри за синтезу резервног полисахарида гликогена који се у јетри и складишти, и за синтезу масних киселина које улазе у састав триацилглицерола и складиште се у масном ткиву. Када ћелије панкреаса из неког разлога не луче довољно инсулина, или ћелије организма престану да буду осетљиве на присуство овог хормона, глукоза се гомила у крвотоку, јер ћелије организма не могу да је искористе. Ово стање се назива шећерна болест (diabetes mellitus). Између оброка, а посебно ако је тај временски период дужи од неколико сати, концентрација глукозе у крви значајно опада. Као одговор на то, ћелије ендокриног панкреаса луче хормон глукагон. Његови ефекти су потпуно супротни од

ефеката инсулина. Он доводи до разградње гликогена у јетри. Глукоза ослобођена из гликогена прелази у крвоток и путем крви се допрема до свих ћелија у организму. Глукагон доводи и до ослобађања масних киселина из триацилглицерола у масном ткиву, а њих ћелије организма користе као алтернативни извор енергије, уместо глукозе.

#### *4. 3. Ресорпција липида*

Ресорпција масних киселина, холестерола и липосолубилних витамина, заснива се на процесу дифузије. Због њихове неполарне природе, за транспорт ових молекула посредством ћелијске мембране ентероцита, нису потребни транспортни протеини. Сви неполарни молекули слободно пролазе кроз фосфолипидни двослој на било ком делу мембране. У складу са карактеристикама процеса дифузије, транспорт се врши низ концентрациони градијент, тј. из области веће у област мање концентрације и не захтева утршак енергије.

У ентероцитима се масне киселине везују за глицерол и поново образују триглицериде. За разлику од моносахарида и аминокиселина, липидни молекули из ентероцита најпре прелази у лимфни систем, али се лимфни судови уливају у крвне судове, па тако и липидни молекули доспевају у крв. Због своје неполарне природе, липидни молекули се не могу путем лимфе и крви транспортовати у слободном облику. Зато се они, пре напуштања ентероцита, везују за молекуле протеина и са њима формирају липопротеинске партикуле које се називају хиломикрони.

Структура хиломикрона је таква да су молекули протеина посредством свог неполарног дела (тј. дела који садржи велики број неполарних аминокиселинских остатака) везани за липидне молекуле, док су оним делом који садржи више поларних аминокиселинских остатака окренути ка поларном воденом окружењу крви. Тако се липидни молекули, у оквиру липопротеинских партикула, крвотоком транспортују до ћелија у организму.

#### *4. 4. Ресорпција минерала, хидросолубилних витамина и глицерола*

Ресорпција минерала, хидросолубилних витамина и глицерола заснива се на процесу олакшане дифузије. Реч је о транспорту који се одвија низ концентрациони градијент, али је, због њихове поларне природе, овим супстанцама неопходна помоћ специфичних транспортних протеина за пролазак кроз фосфолипидни двослој мембране. Транспортни протеини заправо представљају канале који премошћују фосфолипидни двослој, а кроз сваки канал може проћи само онај јон или молекул за који је тај канал специфичан. У контакту са супстанцом за коју су специфични, транспортни протеини

мењају свој облик како би омогућили овим супстанцама пролаз у цитоплазму ентероцита. Из ентероцита, ове супстанце прелазе у крвоток, а због своје поларне природе путем крви се до ћелија којима су потребне, транспортују у слободном облику.

#### *4. 4. Ресорпција етанола и аспирина*

О ресорпцији етанола у дигестивном систему често се могу чути потпуно погрешне информације, попут оних да се овај процес одвија искључиво у желуцу, или да унос млека у организам може да га заустави.

Чињеница је да се око 20% етанола заиста ресорбује у желуцу, али главнина, тј. око 80% укупне количине, ресорбује се у танком цреву, путем прости дифузије из лумена црева у цитоплазму ентероцита. Из ентероцита, етанол прелази у крвоток, а крвљу се, пошто је растворљив у води, транспортује у слободном облику. Пошто је молекула етанола веома мали, он без икаквих проблема дифундује кроз све ћелијске мембране у организму, укључујући и мембране које формирају крвно-мождану баријеру. Ове мембране су иначе далеко селективније од свих других мембрана у организму, јер морају да заштите осетљиве нервне ћелије мозга од усвајања разних, по њих штетних супстанци из крвотока. Многе од ових супстанци ћелије других органа без проблема усвајају посредством својих мембрана, јер њих не оштећују. Етанол из крвотока несметано прелази у цитоплазму можданих ћелија, и тако изазива облике понашања који су карактеристични за пијанство.

Ресорпција етанола се не може зауставити, али се може успорити, ако се обезбеди његово дуже задржавање у желуцу. То се постиже уносом хране у организам заједно са алкохолом, или непосредно пре конзумирања алкохола. Посебно је погодна храна богата липидима (а ту спада и млеко богато млечним мастима) јер се таква храна дуже задржава у желуцу, а са собом задржава и етанол. У таквим условима етанол врло споро прелази у танко црево, па се споро и ресорбује. Постизање максималне концентрације етанола у крви тада се може одложити за чак шест сати у односу на тренутак његовог уноса у организам. Такође, ова максимална концентрација је далеко мања од оне која би се постигла без присуства хране. Газирана пића (кисела вода, кока-кола) имају супротан ефекат, тј. њихово присуство убрзава прелазак етанола у танко црево, а тиме и његову ресорпцију.

Мале количине алкохола стимулишу лучење желудачног сока, због чега се пре почетка оброка често препоручује по једна чаша вина. Велике количине алкохола, међутим, спречавају лучење желудачног сока и иритирају ћелије желудачног зида.

У желуцу долази до ресорпције разних лекова, као што је нпр. аспирин. У овом случају ресорпција у желуцу је итекако пожељна, јер лекови на тај начин далеко брже доспевају у крвоток него када би се ресорбовали у танком цреву, па и њихово дејство почиње раније да се испољава.

## ***5. Грађа и функција дебелог црева***

Све оно што у танком цреву није ресорбовано, перисталтичким покретима бива потиснуто у дебело црево. Зидови дебелог црева не садрже вили, јер се процес ресорпције у дебелом цреву одвија у незнатној мери. Пречник дебелог црева је међутим далеко већи од пречник танког црева, па отуда и називи ове две компоненте цревног канала. У дебелом цреву ресорбују се само вода, неке калијумове и натријумове соли, као и неки за човека важни, бактеријски производи.

### *5. 1. Ресорпција воде*

До ресорпције извесне количине воде долази и у танком цреву, али се главнина воде ипак ресорбује у дебелом цреву. Ресорпција воде заснива се на процесу осмозе. Садржај који се налази у лумену дебелог црева, као и цитосол (течна компонента цитоплазме) ћелија зида дебелог црева, представљају заправо два водена раствора у којима је укупна концентрација растворених супстанци различита и која су раздвојена селективно пропустљивом ћелијском мембраном. У процесу осмозе вода спонтано прелази из раствора у коме је укупна концентрација растворених супстанци мања, у раствор у коме је укупна концентрација растворених супстанци већа и на тај начин разблажује концентрованији раствор. Осмозу можемо посматрати и као процес дифузије воде из области веће концентрације воде, тј. разблаженог раствора, у област мање концентрације воде, тј. концентровани раствор. Кроз фосфолипидни двослој мембране поларни молекули воде пролазе захваљујући специфичним протеинским каналима који се називају аквапорини.

### *5. 2. Цревна флора*

У дебелом цреву живи велики број бактерија које користе преостале компоненте хима у својим метаболичким процесима и при том производе већи број молекула који су веома значајни за нормално функционисање људског организма, као што су витамини К и Б. Ове бактерије чине цревну флору. Оне у својим метаболичким процесима користе све шећере који нису ресорбовани у танком цреву, као и аминокиселине које претварају у масне киселине. У току ових метаболичких процеса настају гасови као што су водоник, азот, метан, угљен-диоксид и диметил-сулфид, који дају јак мирис фецесу. Браон боја

фецеса потиче од стеркобилина који настаје као продукт бактеријске разградње билирубина из жучи. Сви продукти бактеријског метаболизма који се у људском организму не могу искористи, као и супстанце које бактерије нису користиле у својим метаболичким процесима, формирају фецес, који се кроз анални отвор, којим се дебело црево, завршава одстрањује уз организма.

### *5. 3. Инфекције дебелог црева*

Апендикс (слепо црево) који представља бочну грану која се одваја од почетног дела дебелог црева, као и завршни део танког црева (илеум) богати су лимфоцитима. Главна функција ових ћелија имуног система је да штите ниже делове цревног канала од инфекција вирусима и бактеријама. Лимфоцити апендикса некада нису у могућности да се изборе са инфекцијом која захвати овај део дебелог црева, због чега се развија јака запаљенска реакција. То стање називамо запаљењем слепог црева. Да би се избегло ширење упале на друге органе, апендикс се из организма уклања хируршким путем.

И бактерије које су део цревне флоре, учествују у одбрани од инфекција патогеним микроорганизмима. Лактобактерије цревне флоре производе млечну киселину која обезбеђује киселу средину, у којој патогени микроорганизми не могу да се развијају.

Међутим, и поред ових добро развијених механизма одбране, повремено долази до микробних инфекција нижих делова цревног канала. Када се то догоди, услед иритације зидова дебелог црева, почињу најпре неконтролисани и брзи преристалтички покрети. Затим ћелије зидова дебелог црева почињу да луче велику количину воде чији је главни задатак да "испере" патогене микроорганизме из црева. Као резултат обилног лучења течности и брзих перисталтичких покрета дебелог црева, формира се изузетно разводњен фецес и ово стање се назива дијареја. Лечење оваквих инфекција дуго времена се заснивало само на примени лекова који су садржали хемијске супстанце које убијају патогене микроорганизме. Међутим, ови лекови уништавају и бактерије цревне флоре. Поред тога, са великом количином течности која испира патогене микроорганизме из црева, губе се и корисне бактерије цревне флоре. Због свега тога, данас се у терапији оваквих инфекција све више примењују лекови које називамо пробиотицима. Они заправо садрже живе културе лактобактерија, које продукујући млечну киселину уништавају патогене бактерије, али и замењују бактерије цревне флоре које су испране из црева. Дијареја која се јавља у стањима страха и панике заснива се такође на превеликом лучењу воде и брзим перисталтичким покретима у дебелом цреву, само што су ови процеси изазвани стимулацијом од стране симпатичког нервног система.



### 3. 2. 4. Инструменти истраживања

Као инструменти за прикупљање квантитативних података у овом експерименту коришћени су иницијални и завршни тест.

Задаци на иницијалном тесту проверавали су знања о анатомији и функцији различитих компонената дигестивног тракта која су ученици стекли у оквиру курса биологије у трећем разреду гимназије, ензимима, проензимима и витаминима о којима су учили у оквиру курса хемије током текуће школске године, као и мембранским транспортним процесима дифузији, осмози и активном транспорту о којима су учили у оквиру курса физике у другом и курса биологије у трећем разреду гимназије.

Задаци на овом тесту били су следећег типа:

- два задатка вишеструког избора (задаци 1 и 7)
- четири задатака спаривања (задаци 8а, 8б, 8в и 8г)
- пет задатака алтернативног избора (задаци 2а, 2б, 2в, 2г, 2д)
- четири задатака отвореног типа (задаци 3, 4, 5, 6)

Ученици из обе групе имали су претходно искуство у решавању свих наведених типова задатака.

Као и у претходно представљеном истраживању, задаци на иницијалном тесту конципирани су тако да не захтевају примену стечених знања у решавању проблема из реалног живота, већ подсећају на задатке из уџбеника (нпр. заокружи слово испред коректне дефиниције цревне флоре). С друге стране, како би се проверила тачност хипотезе **X4**, већина задатака на завршном тесту захтевала је примену знања о процесу варења у решавању реалних проблема. Како би се проверила тачност хипотезе **X3** и стекао увид у примењене стратегије решавања проблема, готово сваки од задатака на завршном тесту садржао је захтев да ученици објасне поступак решавања. Ови задаци се, стога, сврставају у задатке отвореног типа, а ученичка решења ових задатака кодирана су као тачна само уколико је уз њих наведено коректно пропратно објашњење. Укупно, завршни тест је садржао 11 задатака овог типа (два сегмента задатка 2, задаци 3 и 4, три сегмента задатка 5 и четири сегмента задатка 6), три задатка спаривања (три сегмента задатка 1б) и један задатак вишеструког избора (задатак 1а). Потребно је истаћи и да су два задатка на завршном тесту (задаци 1а и 5б), проверавала искључиво чињенична академска знања.

У наставку текста је приказан пун садржај иницијалног и завршног теста.

3. 2. 4. 1. Иницијални тест

---

Задатак 1	Задатак 2
<p>Заокружи слово поред компоненте цревног канала у чијем лумену је рН вредност мања од 7:</p> <p>А) желудац Б) уста В) једњак Г) дванаестопалачно црево</p>	<p>Варење у људском организму може бити физичко и хемијско. Одреди којој форми варења припада сваки од доле наведених процеса и означи то тако што ћеш у квадратић изнад описа процеса уписати Ф за физичко, а Х за хемијско варење</p> <p>А) <input type="checkbox"/></p> <p>разградња полипептидних ланаца протеина на краће пептидне фрагменте, коју катализују протеолитички ензими</p> <p>Б) <input type="checkbox"/></p> <p>уситњавање хране жвакањем</p> <p>В) <input type="checkbox"/></p> <p>емулгација масти у присуству жучних киселина</p> <p>Г) <input type="checkbox"/></p> <p>превођење сажвакане чврсте хране у кашасти облик, мешањем са пљувачком</p> <p>Д) <input type="checkbox"/></p> <p>разградња холестерол-палмитата до холестерола и палмитинске киселине коју катализује ензим липаза</p>

---

Задатак 3	Задатак 4
<p>Заокружи слово испред тачне тврдње везане за процес варења у желуцу:</p> <p>а) ензим липаза, који производе ћелије желудачне мукозе, разлаже липиде присутне у храни</p> <p>б) ћелије желудачне мукозе луче бикарбонатне јоне, чије је присуство неопходно за варење протеина у желуцу</p> <p>в) ензим пепсин, који производе ћелије желудачне мукозе, разлаже протеине хране</p> <p>г) ћелије желудачне мукозе луче жуч, која је неопходна за варење хране богате липидима</p>	<p>У патолошком стању које се назива панкреатитис протеолитички ензими који морају бити присутни у панкреасном соку да би у танком цреву несметано могло да се одвија варење протеина, нападају и уништавају протеине самог панкреаса. Објасни на који начин је уништавање протеина панкреаса протеолитичким ензимима из панкреасног сока спречено код здравог човека?</p>
Задатак 5	Задатак 6
<p>У епрувете обележене бројевима 1 и 2 сипано је 2 ml 1 % раствора скроба и 2 ml воде. Након тога, у епрувету 2 је додата пљувачка. После 20 минута од тренутка додавања пљувачке, у обе епрувете је додат јод. Наведи шта очекујеш да ће се по додатку јода десити у епруветама 1 и 2 и образложи свој одговор.</p>	<p>Напиши називе липосолубилних витамина:</p>
Задатак 7	Задатак 8
<p>Заокружи слово испред дефиниције појма цревна флора:</p> <p>а) изоловане културе патогених бактерија чије присуство изазива продукцију антитела која спречавају инфекцију у ситуацији када ове бактерије доспеју у наш</p>	<p>Поједини од доле описаних процеса представљају примере транспортних механизма супстанци кроз ћелијску мембрану. За сваки од наведених примера наведи да ли се и о ком транспортном механизму ради и означи то тако што ћеш у квадратић изнад</p>

---

организам путем хране

б) несварени остаци хране биљног порекла који облажу зидове дебелог црева

в) културе лактобактерија које производе млечну киселину која у лумену дебелог црева обезбеђује киселу средину у којој патогени микроорганизми који су у наш организам доспели путем хране не могу да опстану

д) културе лактобактерија које производе антибиотике алкалоидног типа који у лумену дебелог црева уништавају патогене микроорганизме који у наш организам доспевају путем хране

описа процеса уписати број поред назива датог транспортног механизма, односно бр. 5 у случају да такав вид транспорта не постоји.

1. дифузија
2. осмоза
3. активни транспорт
4. олакшана дифузија
5. овакав вид транспорта не постоји

А)

Транспорт супстанце X насупрот концентрационом градијенту (из области мање концентрације ове супстанце, ка области веће концентрације), без утрошака енергије.

Б)

Транспорт супстанце X низ концентрациони градијент (из области веће концентрације ове супстанце, ка области мање концентрације), без утрошка енергије и без помоћи мембранских транспортних протеина.

В)

Транспорт супстанце X насупрот концентрационом градијенту, уз помоћ мембранских транспортних протеина и уз утрошак енергије.

Г)

Транспорт воде кроз мембрану која не пропушта честице растворених супстанци X и Y, из правца раствора са мањом концентрацијом ових супстанци, ка раствору са већом концентрацијом супстанци X и Y, без утрошка енергије.

---

### 3. 2. 4. 3. Завршни тест

#### Задатак 1

а) Заокружи број поред супстанце која не спада у хранљиве материје за човеков организам. Образложи свој одговор.

- 1) холестерол
- 2) говеђи серум албумин
- 3) јод
- 4) целулоза
- 5) фолна киселина

б) У табелу убележи број намирнице којој одговара свака од наведених карактеристика (једној од намирница не одговара ниједна од наведених карактеристика):

Карактеристике намирница	Број намирнице
има висок садржај бикарбоната	
добар извор витамина Б групе	
добар извор олеинске киселине	
од свих наведених намирница има највећи садржај угљених хидрата	

#### Задатак 2

Индекс телесне масе људског организма израчунава се тако што се вредност телесне масе, изражене у килограмима, помножи са бројем 24 код мушког пола, док је за женски пол број добијен након множења са бројем 24, потребно помножити и са 0,9. Добијени резултат, помножен с вредношћу 4,2 представља енергетску вредност хране изражену у kJ, која се мора унети у организам током једног дана, да би се задржала иста телесна маса. Ако се током дана у организам унесе храна мање енергетске вредности телесна маса се смањује, а ако се унесе храна веће енергетске вредности телесна маса се повећава.

а) Сања (телесна маса 55 kg) је за ручак појела хамбургер и попила милкшејк. Енергетска вредност хране коју је унела у организам износи 5648,4 kJ. Колика би била енергетска вредност Сањиног ручка да је уместо милкшејка попила дијеталну соду, ако знамо следеће податке:

Напитак	Енергетска вредност (kJ)	Садржај угљених хидрата у напитку (mg)	Садржај липида у напитку (mg)	Садржај протеина у напитку (mg)
Милкшејк	1464,4	45	35	5
Дијетална сода	?	0	0	0

б) Претпоставимо да је Сања за ручак, поред хамбургера и дијеталне соде, појела и чоколадицу чија је енергетска вредност 1414,2 kJ. Будући да се током једног сата вођње

добар извор фосфора		бицикла брзином од 7m/s, сагори“ 1252,2 kJ, колико времена би Сања требало да вози бицикл овом брзином након описаног оброка, да би "сагорела" онолико kcal колико је потребно да би задржала исту телесну масу коју је имала пре оброка?
1) маслиново уље 2) пасуљ 3) минерална вода "Књаз Милош" 4) брашно 5) црни лук 6) квасац		

Задатак 3	Задатак 4
<p>У епрувете обележене бројевима од 1 до 4, сипано је по <math>2 \text{ cm}^3</math> стандардног раствора протеина албумина. У епрувете број 1 и 2 је, затим, додато је по <math>2 \text{ cm}^3</math> воде, у епрувету број 3 је додато <math>2 \text{ cm}^3</math> <math>0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}</math> хлороводоничне киселине, а у епрувету број 4 <math>2 \text{ cm}^3</math> <math>0,002 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}</math> раствора натријум-хидроксида. Садржај епрувете број 2 загрејан је до температуре од <math>80 \text{ }^\circ\text{C}</math>, а затим је у све четири епрувете додато по 2 mg препарата ензима пепсина. После 20 минута од додатка ензима, у све четири епрувете је додат нинхидрински реагенс. У којој епрувети се развила љубичаста боја? Образложи свој одговор.</p>	<p>Четири особе су истовремено конзумирале по једну од доле наведених комбинација хране и пића. После сат времена, свака од њих се добровољно подвргла алко-тесту. Поређај у низ наведене комбинације, полазећи од оне за коју очекујеш да је на алко-тесту дала највећу концентрацију етанола у крви, ка оној која је дала најмању. Образложи свој одговор.</p> <p>1) <math>20 \text{ cm}^3</math> пива + 20 g сира          2) <math>20 \text{ cm}^3</math> вискија + 20 g хлеба          3) <math>20 \text{ cm}^3</math> вискија + 20 g сира          4) <math>20 \text{ cm}^3</math> вискија + <math>20 \text{ cm}^3</math> соде</p>

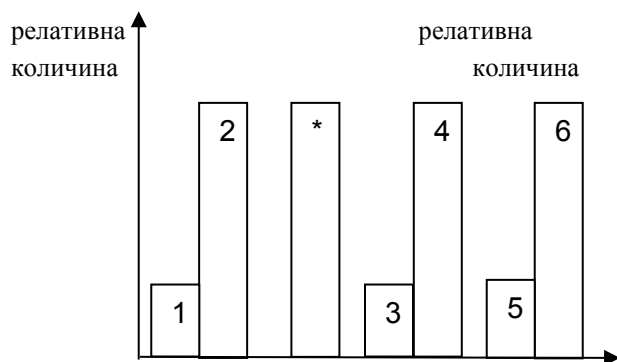
### Задатак 5

Четири особе (А, Б, В и Г) конзумирале су идентичан оброк који се састојао из комада говеђег меса, пире кромпира и шоље млека. Након два сата од оброка, извршена је хемијска анализа садржаја из лумена њиховог танког црева.

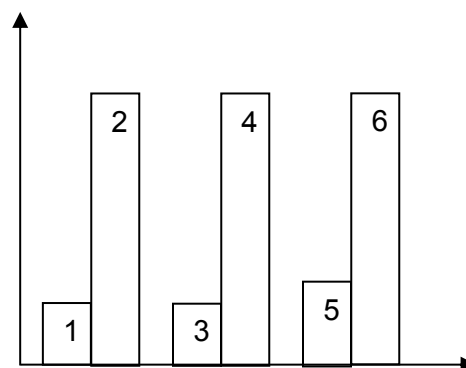
а) У правоугаоник испод сваког од графикана који приказују резултате анализе напиши слово којим је обележена особа којој ти резултати одговарају и образложи свој избор, ако знаш следеће податке:

Особа А је потпуно здрава, док особа Б пати од панкреатитиса. Особа В пати од жутице. Код овог обољења жута боја коже јавља се услед присуства велике количине билирубина у крви. Постоји већи број различитих узрочника жутице, али у случају овог пацијента до обољења је дошло услед блокаде жучног канала, чиме је спречено нормално излучивање жучи у лумен танког црева. Жуч се у том случају задржава у жучној кеси, а нагомилани билирубин, један од њених стандардних састојака, "излива" се у крвоток. Резултати особе Г били би слични резултатима особе А, да је уместо шоље млека, узео/-ла две кашике масти. Услед конзумирања млека, међутим, у лумену танког црева особе Г уочава се необично висока количина дисахарида Х.

1)



2)



\*-дисахарид Х

1-скроб; 2-моносахариди; 3-протеини; 4-аминокиселине;  
5-триацилглицероли; 6-масне киселине

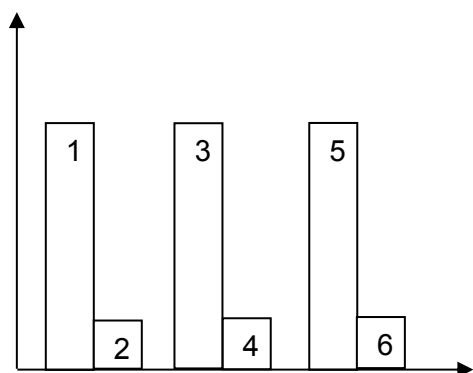
Особа: Д

Особа:

Образложење:

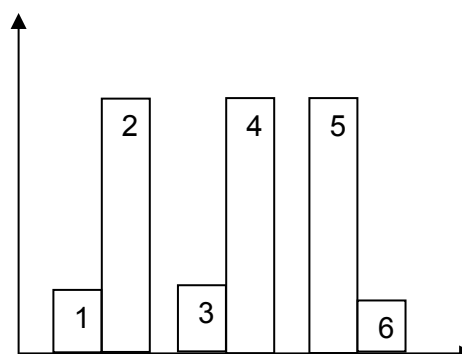
3)

релативна  
количина



4)

релативна  
количина



**1-скроб; 2-моносахариди; 3-протеини; 4-аминокиселине;  
5-триацилглицероли; 6-масне киселине**

Особа:

Образложење:

Особа:

Образложење:

б) Болест од које особа Гпати назива се \_\_\_\_\_

### Задатак 6

Различити процеси у људском организму, биљкама, бактеријским ћелијама, као и разне лабораторијске технике које се користе у научно-истраживачком раду, заснивају се на идентичним физичко-хемијским транспортним механизмима. Испод описа сваког од наведених процеса, наведи по један пример процеса који се дешава на нивоу танког или дебелог црева човека, а заснива се на идентичном физичко-хемијском транспортном механизму.



---

а) Отварање стома код биљака

Приликом отварања стома биљака, јони калијума нагомилани су у ћелијама помоћницама, док је њихова концентрација у суседним ћелијама отварачицама врло мала. То узрокује прелазак воде из ћелија отварачица у ћелије помоћнице, услед чега се стома отвара.

б) "Расољавање" узорка протеина

Изоловање албумина из беланцета заснива се на таложењу овог протеина амонијум-сулфатом. Када се талог протеина раствори у одговарајућем пуферу, имамо готов узорак овог протеина, али он садржи и велику количину амонијум-сулфата. Да би се из узорка протеина удалио амонијум-сулфат, примењује се поступак дијализе. Узорак се смешта у црево за дијализу, кроз чије зидове слободно могу да прођу јони соли, али не и молекули протеина. Црево за дијализу се, затим, поставља у велику чашу пуну хладне дестиловане воде и оставља у таквом окружењу преко ноћи. Наредног јутра концентрација амонијум-сулфата у цреву за дијализу је дупло мања од почетне, односно једнака је концентрацији ове соли у течности која окружује црево за дијализу.

в) Транспорт масних киселина на нивоу унутрашње митохондријске мембране

Масне киселине се у људским ћелијама разграђују у унутрашњости митохондрија, тј. у митохондријском матриксу. Да би масне киселине из цитоплазме ћелије прешле у унутрашњост митохондрија, морају најпре да прођу кроз спољашњу, а затим и кроз унутрашњу митохондријску мембрану. Спољашња митохондријска мембрана се по структури не разликује од ћелијске мембране. Када се масне киселине нагомилају у цитоплазми ћелије, оне без проблема пролазе кроз ову мембрану и прелазе у простор између две митохондријске мембране. Међутим, нагомилане масне киселине из међумембранског простора не могу слободно да пређу у митохондријски матрикс, на било ком делу унутрашње митохондријске мембране. То је могуће само на оним местима где се налази транспортни протеин L-карнитин.

г) Исхрана бактерија из рода *Bacillus subtilis*

Основну хранљиву материју за бактерије из рода *Bacillus subtilis* представља дисахарид лактоза. Последично, у цитоплазми ћелија овог бактеријског рода присутна је релативно висока концентрација овог дисахарида. Ако бактеријска ћелија из рода *Bacillus subtilis* приликом кретања по хранљивој подлози наиђе на молекулу лактозе, она ће га у

---

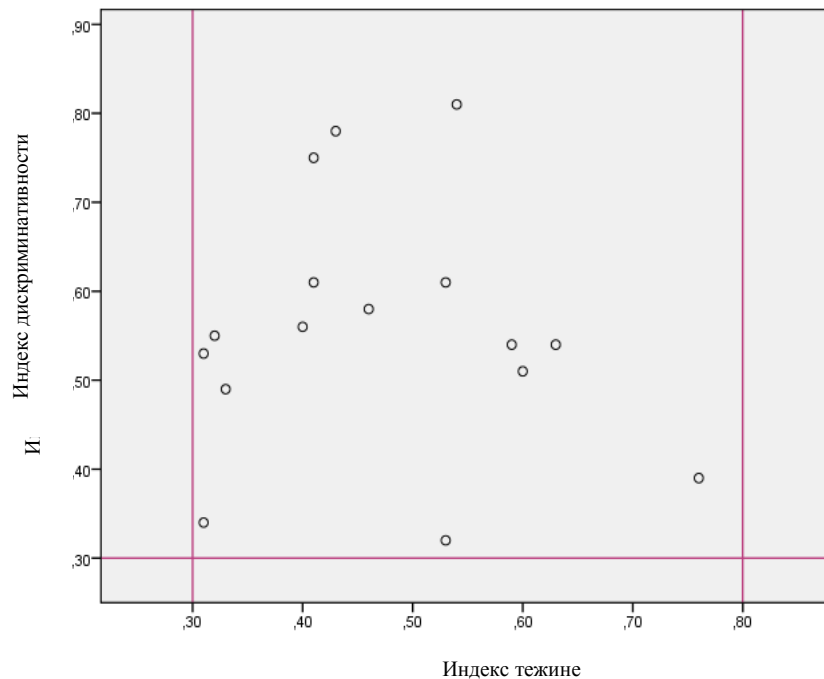
---

цитоплазму "убацити" посредством *lac* транспортног протеина на ћелијској мембрани, уз  
утрошак једног молекула АТП-а.

---

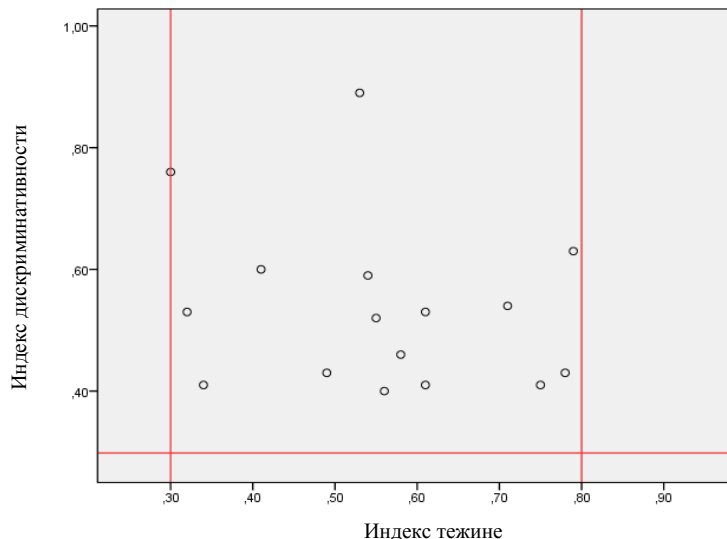
### 3. 2. 4. 3. Валидност и поузданост инструмената истраживања

Ради провере унутрашње конзистентности тестова израчунат је алфа коефицијент поузданости (KR20). Такође, за сваки од задатака на иницијалном и завршном тесту, утврђене су вредности индекса тежине и индекса дискриминативности. KR20 вредност за иницијални тест била је 0,72, док је дистрибуција вредности индекса тежине и индекса дискриминативности задатака на овом тесту приказана на Слици 8. Вредности индекса дискриминативности задатака на иницијалном тесту кретале су се у опсегу од 0,32 до 0,81, док су се вредности индекса тежине кретале у опсегу од 0,31 до 0,76.



**Слика 8.** Дистрибуција вредности индекса тежине и индекса дискриминативности задатака на иницијалном тесту

За завршни тест, утврђена је KR20 вредност од 0,74, док је дистрибуција вредности индекса тежине и индекса дискриминативности задатака на овом тесту приказана на Слици 9. Вредности индекса дискриминативности задатака на завршном тесту су биле у опсегу од 0,4 до 0,89, док су се вредности индекса тежине кретале у опсегу од 0,3 до 0,79.



**Слика 9.** Дистрибуција вредности индекса тежине и индекса дискриминативности задатака на завршном тесту

На основу KR20 вредности установљених за оба теста, које су више од најниже дозвољене вредности 0,70 (Nunnally, 1978), може се закључити да оба теста имају задовољавајући степен унутрашње конзистентности. Такође, будући да су све вредности индекса тежине и индекса дискриминативности за задатке у оба теста веће од најниже дозвољене вредности 0,3 (Peterson *et al.*, 1989; Ozmen, 2008), оба теста се могу примењивати без било какве даље ревизије.

### 3. 2. 5. Статистичка обрада података

Коришћењем SPSS софтверског пакета за статистичку анализу, установљен је укупан проценат тачних одговора ученика из контролне и експерименталне групе на иницијалном и завршном тесту. Статистичка значајност разлике у укупном проценту тачних одговора ученика из две групе на оба теста је, затим, утврђена помоћу упареног *t* теста. Додатно, за сваки од задатака у оквиру иницијалног и завршног теста установљен је број ученика из обе групе који су га тачно/нетачно урадили, а статистичка значајност разлике у постигнућима ученика из две групе је, затим, утврђена помоћу хи-квадрат теста.

## **4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

## 4. 1. Резултати и дискусија истраживања којим су испитани ефекти примене когнитивног шегртовања у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера

### 4. 1. 1. Резултати иницијалног теста

У Табели 5 наведен је укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе ( $p_E$  и  $p_K$ ) на иницијалном тесту, као и одговарајућа вредност упареног  $t(240)$  теста.

**Табела 5.** Укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе ( $p_E$  и  $p_K$ ) на иницијалном тесту уз одговарајућу вредност упареног  $t(240)$  теста

Група	Укупан проценат тачних одговора	$p_E - p_K$ (%)	$t(240)$
Експериментална	50,96	0,15	0,02 <sup>a</sup>
Контролна	50,81		

<sup>a</sup>Разлика у укупном проценту тачних одговора у експерименталној и контролној групи није статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,05$

Као што се из Табеле 5 може видети, иницијалним тестирањем није установљена статистички значајна разлика у укупном проценту тачних одговора између ученика из експерименталне и контролне групе.

Број тачних/нетачних одговора ученика из две групе, као и одговарајуће вредности хи-квадрат теста за сваки од задатака из иницијалног теста приказани су у Табели 6. Максимални број тачних одговора на иницијалном тесту, по ученику, био је 22.

**Табела 6.** Број тачних/нетачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе уз одговарајуће вредности хи-квадрат теста за сваки од задатака из иницијалног теста

Задатак	Број тачних одговора у експерименталној групи	Број нетачних одговора у експерименталној групи	Број тачних одговора у контролној групи	Број нетачних одговора у контролној групи	$\chi^2$ (1, $N=241$ )
1а)	75	43	79	44	0,01
1б)	61	57	66	57	0,09
2 H <sub>2</sub> O	80	38	73	50	1,85

<b>2 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	38	80	36	87	0,24
<b>2 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	69	49	76	47	0,28
<b>3</b>	89	29	86	37	1,15
<b>4</b>	67	51	71	52	0,02
<b>5</b>	45	73	53	70	0,61
<b>6a)</b>	51	67	46	77	0,85
<b>6б)</b>	34	84	39	84	0,24
<b>7a)</b>	48	70	48	75	0,07
<b>7б)</b>	74	44	68	55	1,37
<b>7в)</b>	67	51	76	47	0,63
<b>7г)</b>	38	80	35	88	0,40
<b>8a)</b>	62	56	68	55	0,18
<b>8б)</b>	39	79	36	87	0,40
<b>9a)</b>	62	56	58	65	0,70
<b>9б)</b>	64	54	68	55	0,03
<b>10a)</b>	68	50	73	50	0,07
<b>10б)</b>	77	41	79	44	0,03
<b>10в)</b>	77	41	79	44	0,03
<b>11</b>	38	80	62	61	8,22*

\*Вредност хи-квадрат теста је статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,01$

На основу добијених вредности хи-квадрат теста може се закључити да иницијалним тестирањем није утврђена статистички значајна разлика у предзнању ученика из контролне и експерименталне групе, везаном за следеће садржаје:

- Хемијска својства алкена, алкохола и карбонилних једињења (задачи 1 и 2);
- Распрострањеност карбоксилних киселина у природи (задачи 3 и 4);
- Физичка својства алкохола и карбонилних једињења (задачи 5 и 6);
- Протолитичка теорија киселина и база (задачи 7 и 8);
- Појмови електрофил и нуклеофил (задачи 9 и 10).

Код задатка 1, ученици из обе групе су били релативно успешни у одабиру примарног алкохола као супстанце која даљом оксидацијом даје карбоксилну киселину и писању структурне хемијске формуле ове карбоксилне киселине. Међутим, неки од ученика из обе групе који су у оквиру задатка 1а коректно одабрали бензил-алкохол, погрешно су представили структурну хемијску формулу карбоксилне киселине која настаје његовом потпуном оксидацијом. Наиме, они су написали структурну хемијску формулу карбоксилне киселине у којој је карбоксилна група везана за бензенов прстен помоћу једне  $-CH_2-$  групе. Што се тиче ученика из обе групе чији су одговори на задатак

1а кодирани као нетачни, већина њих није ни покушала да реши овај задатак, док је мали број њих као одговор одабрао фенол. Ови ученици су као одговор на задатак 1б написали структурну хемијску формулу бензоеве киселине, док остали ученици чији су одговори кодирани као нетачни, нису ни покушали да реше овај задатак.

Око три четвртине ученика из обе групе препознало је да је прва хемијска реакција у реакционом низу приказаном у задатку 2 реакција хидратације алкена (задатак, 2  $\text{H}_2\text{O}$ ), али је јако мали број ученика из обе групе навео концентровану сумпорну киселину као катализатора ове реакције (задатак 2  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Два ученика из контролне и осам ученика из експерименталне групе навели су да је катализатор ове реакције калијум-дихромат, док остали ученици чији су одговори на овај задатак кодирани као нетачни, нису ни покушали да га реше.

Код задатка 2  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , већина ученика из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни, представила је хемијску формулу калијум-дихромата као  $\text{K}_2\text{CrO}_7$ ,  $\text{KCr}_2\text{O}_7$  или  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_6$ .

Код задатка 3, ученици из обе групе показали су релативно добро познавање чињенице да сирће представља 5% водени раствор етанске киселине. Ученици из обе групе чији су одговори на ово питање кодирани као нетачни, изабрали су као одговор пропанску киселину, или нису ни покушали да реше овај задатак.

Код задатка 4, ученици из обе групе показали су релативно добро познавање чињеница да карактеристични мирис мравињака као и иритација коже у контакту с копривом потичу од метанске киселине. Ученици из обе групе чији су одговори на овај задатак кодирани као нетачни изабрали су бензоеву киселину уместо метанске, или нису ни покушали да реше овај задатак.

У оквиру задатака 5 и 6 од ученика се захтевало да наведене три супстанце поређају у низ почев од супстанце с најнижом ка оној с највишом температуром кључања, односно од супстанце која се најслабије ка супстанци која се најбоље раствара у води. Генерално, ученици из обе групе имали су потешкоћа с решавањем ових задатака. Већина ученика из обе групе чији су одговори на задатак 5 кодирани као нетачни, није ни покушала да реши овај задатак. Свега неколико ових ученика навело је секвенцу која почиње бутаном, наставља се 1пропанолом и завршава ацетоном, без одговарајућег образложења. Код задатака ба и бб, већина ученика чији су одговори кодирани као нетачни није ни покушала да реши ове задатке, док су неки од њих код задатка ба навели исправну секвенцу наведених супстанци, али без одговарајућег пропратног образложења.



У оквиру задатака 7 и 8 проверена су ученичка знања о кисело-базним својствима супстанци. Генерално, на сва четири сегмента задатка 7, ученици из обе групе су или дали тачне одговоре, или нису ни покушали да их реше. Највећих потешкоћа имали су с последњим сегментом овог задатка, у коме се од њих очекивало да представе математички однос константе равнотеже реакције дисоцијације хипотетичке киселине  $HA$  и  $pK_a$  вредности ове киселине. Код задатка 8а, од ученика се очекивало да, на основу њихових  $pK_a$  вредности, утврде која је од две наведене киселине јача, док је у оквиру задатка 8б ово знање требало применити како би се утврдило да ли је предложена реакција дате киселине и соли могућа. Као што се из Табеле 6 може видети, број тачних одговора за задатак 8б био је мањи од броја тачних одговора за задатак 8а, што би могло да укаже на то да су неки од ученика који су тачно одговорили на задатак 8а, заправо случајно погодили тачан одговор. Међутим, индекс тежине за овај задатак алтернативног избора је 0,54, а пошто се сматра да је за задатке с индексом тежине већим од 0,35 мала вероватноћа да су ученици случајно погодили тачан одговор, вероватније је да неки од ученика из обе групе који су знали како да одреде која је од две наведене киселине јача, једноставно нису знали како да примене ово знање приликом решавања задатака 8б.

У оквиру задатака 9а и 9б од ученика се очекивало да наведу дефиниције појмова електрофил и нуклеофил. Већина ученика из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни покушала је да реши задатак 9а, али су притом нуклеофил дефинисали као негативно наелектрисану групу, атом или супстанцу. Неки од ових ученика су написали једино да  $-OH$  група у молекулу алкохола представља нуклеофил. Код задатка 9б, електрофил је погрешно дефинисан као позитивно наелектрисана група, атом или супстанца, док су неки од ученика једноставно написали да је угљеников атом из карбонилне групе алдехида и кетона електрофилан. У задатку 10, од ученика се очекивало да знање о појмовима електрофил/нуклеофил примене на општој формули карбоксилних киселина. Будући да је код ученика из обе групе број тачних одговора на задатке 10а, 10б и 10в нешто већи од броја тачних одговора на задатке 9а и 9б, може се закључити да је и непотпуно знање о појмовима електрофил и нуклеофил било довољно да се реше ови задаци. Задаци 10б и 10в су били задаци алтернативног избора, али будући да је њихов индекс тежине имао вредност 0,43, мало је вероватно да је велики број ученика из обе групе случајно погодио тачне одговоре.

Статистички значајна разлика у постигнућима ученика из две групе на иницијалном тесту, уочена је само код задатка 11. Ученици из контролне групе били су статистички значајно успешнији у решавању овог задатка којим су се проверавала знања о естрима, која су ученици из обе групе стекли у осмом разреду основне школе. Око половине ученика из контролне групе чији су одговори кодирани као нетачни одабрало је одговор в) у коме је наведено да се естри не налазе у мастима, док остали нису ни

покушали да реше овај задатак. Што се тиче ученика из експерименталне групе чији су одговори на овај задатак кодирани као нетачни, око 30% њих је одабрало одговор а) у коме се наводи да су естри нестабилне супстанце које не постоје самостално у природи, 45% њих је одабрало одговор в), док остали нису ни покушали да реше овај задатак.

#### 4. 1. 2. Резултати завршног теста

У Табели 7 наведен је укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе ( $p_E$  и  $p_K$ ) на завршном тесту, као и одговарајућа вредност упареног  $t(240)$  теста.

**Табела 7.** Укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе ( $p_E$  и  $p_K$ ) на завршном тесту уз одговарајућу вредност упареног  $t(240)$  теста

Група	Укупан проценат тачних одговора	$p_E - p_K$ (%)	$t(240)$
Експериментална	53,98	15,72	+2,54**
Контролна	38,26		

\*\*Разлика у укупном проценту тачних одговора у експерименталној и контролној групи је статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,05$

Као што се из Табеле 7 може видети, вредност упареног  $t(240)$  теста показује да су ученици из експерименталне групе имали статистички значајно већи укупни проценат тачних одговора од ученика из контролне групе, на завршном тестирању.

Број тачних/нетачних одговора ученика из две групе, као и одговарајуће вредности хи-квадрат теста за сваки од задатака из завршног теста приказани су у Табели 8. Максимални број тачних одговора на завршном тесту, по ученику, био је 17.

**Табела 8.** Број тачних/нетачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе уз одговарајуће вредности хи-квадрат теста за сваки од задатака из завршног теста

Задатак	Број тачних одговора у експерименталној групи	Број нетачних одговора у експерименталној групи	Број тачних одговора у контролној групи	Број нетачних одговора у контролној групи	$\chi^2$ (1, $N=241$ )
1а)	81	37	49	74	20,11*
1 јед	53	65	44	79	2,09

<b>2 мкис</b>	87	31	96	27	0,615
<b>2 лкис</b>	74	44	69	54	1,09
<b>2 окис</b>	62	56	68	55	0,18
<b>2 скис</b>	85	33	76	47	2,85
<b>2 Марија</b>	44	74	29	94	5,36**
<b>2 Милица</b>	44	74	29	94	5,36**
<b>3</b>	74	44	57	66	6,50*
<b>4</b>	68	50	51	72	6,29*
<b>5</b>	97	21	89	34	3,31
<b>6</b>	54	64	20	103	24,64*
<b>7а)</b>	46	72	30	93	5,94**
<b>7б)</b>	61	57	17	106	39,46*
<b>8а)</b>	48	70	26	97	10,81*
<b>8б)</b>	48	70	26	97	10,81*
<b>9</b>	57	61	24	99	22,37*

\*Вредност хи-квадрат теста је статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,01$

\*\*Вредност хи-квадрат теста је статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,05$

Добијене вредности хи-квадрат теста показују да су ученици из експерименталне групе остварили статистички значајно већи број тачних одговора од ученика уз контролне групе на 11 од 17 задатака из завршног теста.

Резултати из Табеле 8 даље показују да су ученици из експерименталне групе били статистички значајно успешнији од ученика из контролне групе на свим задацима из завршног теста који су захтевали функционализацију стечених знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима, с изузетком задатка 5. Конкретно, задатак 1а захтевао је функционализацију знања о киселости карбоксилних киселина, задатак 2 Марија и задатак 2 Милица од ученика су захтевали повезивање знања о структури карбоксилних киселина с њиховом применом, задаци 3 и 4 захтевали су функционализацију знања о физичким, а задаци 7 и 9 функционализацију знања о хемијским својствима карбоксилних киселина и њихових деривата. На основу тога се може закључити да когнитивно шегртовање има значајно већи потенцијал да допринесе функционализацији стечених знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у односу на традиционални приступ настави, код ученика гимназије природно-математичког смера. То је највероватније последица саме природе овог приступа, у оквиру кога ученици стичу нова знања кроз примере њихове примене у реалном животу, док је традиционални приступ настави искључиво фокусиран на преношење чистих академских знања. На пример, ученици из експерименталне групе сазнали су како се различите карбоксилне киселине могу применити у реалном животу и пре него што су им презентоване њихове структурне

хемијске формуле. С друге стране, излагање о карбоксилним киселинама с ученицима из контролне групе започето је презентовањем великог броја структурних хемијских формула карбоксилних киселина, док је њихова примена разматрана тек на крају часа, по завршетку излагања свих академских садржаја о овим једињењима. Такође, ученици из експерименталне групе разматрали су физичка и хемијска својства карбоксилних киселина и њихових деривата у светлу утицаја ових својстава на примену датих једињења у реалном животу. На пример, естри су супстанце пријатног мириса, које лако испаравају и нерастворљиве су у води, због чега улазе у састав парфема и дезодоранса, док ацил-халогениди реагују с водом која облаже површину ока и последично изазивају иритацију ока, због чега спадају у лакриматорне супстанце. Насупрот овоме, ученицима из контролне групе једноставно су презентовани подаци о температури кључања, мирису и растворљивости у води и органским растварачима карбоксилних киселина и њихових деривата, као и читав низ једначина хемијских реакција у којима ова једињења учествују.

Резултати из Табеле 8 даље показују да су ученици из експерименталне групе били статистички значајно успешнији од ученика из контролне групе на свим задацима из завршног теста који су проверавали концептуално разумевање стечених знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима, с изузетком задатка 5.

Конкретно, задаци 1а и б проверавали су концептуално разумевање киселости карбоксилних киселина. У задатку 1а од ученика се очекивало да од три понуђене супстанце (сирће, ацетон, медицински алкохол) одаберу ону која се може користити за уклањање каменца с посуђа и, применом знања о киселости карбоксилних киселина, образложе свој избор. Ученици из експерименталне групе, као што је претходно речено, били су статистички значајно успешнији у решавању овог задатка, али је уочена и разлика у одговорима ученика из две групе који су кодирани као нетачни. Од 37 ученика из експерименталне групе чији су одговори на ово питање кодирани као нетачни, готово половина је одабрала сирће, али није навела образложење оваквог избора, док остали нису ни покушали да реше овај задатак. С друге стране, око 80% ученика из контролне групе чији су одговори кодирани као нетачни није ни покушала да реши овај задатак, док су остали као одговор навели медицински алкохол, уз образложење да ће ова супстанца растворити исталожени каменац. У задатку б, од ученика се очекивало да одреде  $pK_{a2}$  вредност оксалне киселине и, уз примену знања о киселости карбоксилних киселина, образложе свој одговор. Код овог задатка, ученици из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни, у највећем броју случајева нису ни покушали да га реше.

Задаци 3 и 4 проверавали су разумевање физичких својстава карбоксилних киселина и њихових деривата. У задатку 3 од ученика се очекивало да објасне на који начин козметички препарати који садрже уреу омогућавају задржавање воде на површини

коже, док су у задатку 4 ученици требали да одреде која од три понуђене супстанце (метил-ацетат, пропанамид и етаноил-хлорид) има највишу температуру кључања и образложе свој одговор. Ученици из експерименталне групе, као што је претходно речено, били су статистички значајно успешнији у решавању ових задатака, али је уочена и разлика у одговорима ученика из две групе, који су кодирани као нетачни. У експерименталној групи, већина ових ученика није ни покушала да реши задатак 3, док је код задатка 4 већина одабрала етанамид као свој одговор, али није навела одговарајуће образложење. С друге стране, готово половина ових ученика у контролној групи код задатка 3 навела је да уреа реагује с водом и написала једначину хемијске реакције хидролизе у којој једна или обе  $-NH_2$  групе у молекулу урее бивају замењене  $-OH$  групом. Код задатка 4, око једне трећине ученика из контролне групе чији су одговори кодирани као нетачни није ни покушала да реши овај задатак, друга трећина је као одговор навела пропанамид али није пружила одговарајуће образложење, док су преостали ученици одабрали етаноил-хлорид уз образложење да ово једињење има највишу температуру кључања, пошто је најреактивније.

Ученици у експерименталној групи били су статистички значајно успешнији у решавању свих задатака на завршном тесту којима је проверавано ученичко разумевање хемијских својстава деривата карбоксилних киселина (задаци 7, 8 и 9), док је разлика у одговорима ученика из две групе који су кодирани као нетачни уочена код задатака 7а и 8. У задатку 7а, од ученика се очекивало да, у складу с предложеним експерименталним условима, одаберу одговарајућу супстанцу као реактанта у хемијској реакцији синтезе аспирина. Код задатка 7б, већина ученика из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни одабрала је ацетил-хлорид као реактанта у реакцији синтезе аспирина у присуству јаког вентилационог система, али није образложила овакав избор. Код задатка 7а, већина ученика из контролне групе чији су одговори кодирани као нетачни није ни покушала да га реши, а исти је случај и с приближно половином ових ученика из експерименталне групе, док је друга половина одабрала ацетамид, али није пружила одговарајуће образложење. У задатку 8 од ученика се очекивало да примене знање о механизму реакције естерификације, како би дошли до хемијске формуле виски-лактона. Ученици из експерименталне групе чији су одговори на овај задатак кодирани као нетачни или нису ни покушали да га реше, или су представили лактонски прстен с четири или шест, уместо пет углова. С друге стране, скоро 45% ових ученика из контролне групе погрешно је протумачило реакцију синтезе виски-лактона као реакцију дехидратације и као њен крајни продукт навело карбоксилну киселину с двоструком везом између C3 и C4 атома. У задатку 9 проверено је ученичко разумевање фактора који утичу на положај хемијске равнотеже у реакцији естерификације. У овом случају, ученици из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни или нису ни покушали да га реше, или су одабрали један од два понуђена одговора, без пропратног образложења.

На основу оваквих резултата може се закључити да когнитивно шегртовање има потенцијал да унапреди концептуално разумевање градива органске хемије, код ученика гимназије природно-математичког смера. Разлози за то су вишеструки. Најпре, у оквиру овог приступа, стичући нова знања кроз примере њихове примене у решавању проблема из реалног живота, ученици су подстакнути да ова знања повезују с знањима која већ поседују, чиме се директно подстиче боље концептуално разумевање новог градива. Такође, приликом обраде градива различитог типа, различите методе и принципи когнитивног шегртовања се могу комбиновати и примењивати на различите начине, како би се за сваки тип градива пронашао најефективнији начин за његово презентовање ученицима. С друге стране, код традиционалног приступа настави, ново градиво се не излаже у контексту реалног живота, а сви типови градива презентују се ученицима на исти начин.

У даљем тексту биће размотрени задаци на завршном тесту код којих није уочена статистички значајна разлика у постигнућима ученика из контролне и експерименталне групе.

У задатку 1б од ученика се очекивало да напишу једначину хемијске реакције сирћетне киселине и натријум-бикарбоната, док се у прва четири сегмента другог задатка од ученика очекивало да напишу структурне хемијске формуле задатих карбоксилних киселина. У поређењу с сложеним захтевима као што су концептуално разумевање градива и његова функционализација, захтеви који се пред ученике постављају у наведена два задатка су релативно једноставни. Стога, изостанак статистички значајне разлике у постигнућима ученика из две групе вероватно није узрокован комплексношћу ових задатака, већ, поново, самом природом два приступа настави. У оквиру традиционалног приступа настави инсистира се на памћењу што већег броја структурних хемијских формула карбоксилних киселина. С друге стране, у оквиру приступа когнитивног шегртовања ученици су подстакнути да уочавају специфичне структурне карактеристике различитих карбоксилних киселина (колико дата карбоксилна киселина има карбоксилних група, да ли се у близини карбоксилне групе налази нека нуклеофилна група и сл.) и установе како се ове разлике у структури одражавају на физичка и хемијска својства датих карбоксилних киселина, а тиме и на њихову примену у реалном животу. Последице, већина ученика из експерименталне групе који су покушали, али не и успели, да напишу структурну хемијску формулу млечне киселине коректно су навели присуство хидроксилне групе на  $\alpha$  угљениковом атому, али су метил групу везану за исти угљеников атом заменили водониковим атомом, или неком другом алкил групом. У случају лимунске киселине, већи број ученика из експерименталне групе је једноставно словима написао да ова карбоксилна киселина садржи три карбоксилне групе. Када су у питању хемијске

реакције у области органске хемије, приступ когнитивног шегртовања инсистира на разумевању њихових механизма и примени ових реакција у реалном животу, док традиционални приступ инсистира на коректном писању и памћењу једначина ових хемијских реакција. Последишно, иако је велики број ученика из експерименталне групе чији су одговори на задатак 1б кодирани као нетачни коректно написао хемијске формуле реактанта и производа хемијске реакције сирћетне киселине и натријум-бикарбоната, у наведеној једначини хемијске реакције није написао одговарајуће коефицијенте.

У задатку 5, од ученика се очекивало да предложи начин за разликовање две супстанце, ако знају да је једна од њих хексанска киселина, а друге етил-бутаноат. Ово је релативно комплексан задатак који захтева концептуално разумевање и функционализацију знања о физичким и хемијским својствима карбоксилних киселина и естара, а упркос томе што се когнитивно шегртовање већ показало као статистички значајно успешније од традиционалног приступа у подстицању развоја ових компетенција, ученици из експерименталне групе нису били статистички значајно успешнији од ученика из контролне групе у решавању овог конкретног задатка. Изостанак разлике у постигнућима на овом задатку, могао би се повезати с резултатима задатка 11 на иницијалном тесту, у чијем су решавању ученици из контролне групе били статистички значајно успешнији. Приликом решавања задатка 5 у завршном тесту, ученици из експерименталне групе предложили су већи број поступака за решавање (разликовање понуђених супстанци према мирису, растворљивости у води, температури кључања, реакцији с натријум-бикарбонатом), што указује да когнитивно шегртовање има потенцијал да оспособи ученике да приступају решавању задатих проблема из више различитих углова. Насупрот овоме, готово сви ученици из контролне групе који су успешно решили овај задатак, као једино решење предложили су разликовање наведених супстанци путем мириса. Међутим, у задатку 11 из иницијалног теста ученици из контролне групе су већ демонстрирали статистички значајно боље знање о мирису естара, те је могуће да је ова иницијална предност анулирала позитивне ефекте које је приступ когнитивног шегртовања имао код ученика из експерименталне групе, тако да су, финално, постигнућа ученика из две групе на овом задатку била уједначена.

Коначно, као што се у Табелама 5 и 7 може видети, укупан проценат тачних одговора у експерименталној групи повећао се са 50,96% на иницијалном тесту на 53,98% на завршном тесту, док се код контролне групе овај проценат заправо смањио од 50,81% на иницијалном тесту на 38,28% на завршном тесту. Као што је претходно објашњено, иницијални и завршни тест су били два различита теста, те овакви резултати највероватније представљају последицу начина на који су задаци у овим тестовима били конципирани. Задаци на иницијалном тесту конципирани су по угледу на задатке у уџбенику, с чијим решавањем су ученици из две групе имали много искуства. Међутим, да

би се проверила тачност истраживачке хипотезе **X2**, задаци на завршном тесту конципирани су тако да захтевају примену стечених знања у решавању проблема из реалног живота. То је био први пут да су се ученици из обе групе сусрели с оваквим типом задатака. Стога је могуће да је сусрет с до тада непознатим типом задатака на завршном тесту ученицима из обе групе донекле отежао да у оквиру завршног тестирања демонстрирају успешну и конзистентну примену новостечених знања и вештина.

## **4. 2. Резултати и дискусија истраживања којим су испитани ефекти примене интердисциплинарног приступа у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера**

### **4. 2. 1. Резултати иницијалног теста**

У Табели 9 наведен је укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе ( $p_E$  и  $p_K$ ) на иницијалном тесту, као и одговарајућа вредност упареног  $t(257)$  теста.

**Табела 9.** Укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе ( $p_E$  и  $p_K$ ) на иницијалном тесту уз одговарајућу вредност упареног  $t(257)$  теста

<b>Група</b>	<b>Укупан проценат тачних одговора</b>	<b><math>p_E - p_K</math> (%)</b>	<b><math>t(257)</math></b>
<b>Експериментална</b>	64,90	0,24	+0,04 <sup>a</sup>
<b>Контролна</b>	64,66		

<sup>a</sup>Разлика у укупном проценту тачних одговора у експерименталној и контролној групи није статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,05$

Број тачних/нетачних одговора ученика из две групе, као и одговарајуће вредности хи-квадрат теста за сваки од задатака из иницијалног теста приказани су у Табели 10. Максимални број тачних одговора на иницијалном тесту, по ученику, био је 16.



**Табела 10.** Број тачних/нетачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе уз одговарајуће вредности хи-квадрат теста за сваки од задатака из иницијалног теста

Задатак	Број тачних одговора у експерименталној групи	Број нетачних одговора у експерименталној групи	Број тачних одговора у контролној групи	Број нетачних одговора у контролној групи	$\chi^2$ (1, $N=257$ )
<b>1</b>	103	22	107	26	0,16 <sup>a</sup>
<b>2а</b>	102	23	111	22	0,16 <sup>a</sup>
<b>2б</b>	101	24	110	23	0,16 <sup>a</sup>
<b>2в</b>	62	63	74	59	0,94 <sup>a</sup>
<b>2г</b>	77	48	81	52	0,01 <sup>a</sup>
<b>2д</b>	116	9	120	13	0,55 <sup>a</sup>
<b>3</b>	56	69	58	75	0,04 <sup>a</sup>
<b>4</b>	61	64	63	69	0,03 <sup>a</sup>
<b>5</b>	69	56	73	60	0,00 <sup>a</sup>
<b>6</b>	81	44	74	59	2,25 <sup>a</sup>
<b>7</b>	51	74	63	70	1,13 <sup>a</sup>
<b>8а</b>	74	51	86	47	0,82 <sup>a</sup>
<b>8б</b>	100	25	112	21	0,78 <sup>a</sup>
<b>8в</b>	106	19	111	22	0,09 <sup>a</sup>
<b>8г</b>	67	58	66	67	0,41 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Вредност хи-квадрат теста није статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,05$

Као што се из Табеле 9 може видети, на иницијалном тесту није установљена статистички значајна разлика у укупном проценту тачних одговора ученика из контролне и експерименталне групе. Такође, вредности хи-квадрат теста приказане у Табели 10 показују да статистички значајна разлика у броју тачних одговора између ученика из две групе није установљена ни код једног задатка из иницијалног теста. На основу свега што је претходно наведено, може се закључити да резултати иницијалног теста показују да су ученици из две групе, на почетку експеримента, имали релативно уједначени ниво предзнања из:

- биологије везаног за анатомију и функцију различитих компонената дигестивног тракта (задаци 1, 2, 3 и 7)
- хемије везаног за ензиме, проензиме и витамине (задаци 4, 5 и 6)
- физике везаног за мембранске транспортне процесе дифузију, осмозу и активни транспорт (задатак 8).

У оквиру задатка 1, већина ученика из обе групе успешно је навела да је желудац једина од понуђених компоненти дигестивног система у којој је средина кисела. Ученици из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни, нису ни покушали да реше овај задатак.

У оквиру задатка 2, проверено је да ли ученици разликују процесе физичког и хемијског варења. Ученици из обе групе имали су највећих потешкоћа с решавањем трећег сегмента овог задатка, који се односио на емулгацију масти у присуству соли коњугованих жучних киселина у дванаестопалачном цреву. Највећи број ученика из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни, навео је да је реч хемијском варењу.

Помало је изненађујуће да је свега половина ученика из обе групе успешно одабрала тачан одговор у задатку 3, који се односио на процес варења у желуцу. Многи од ученика из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни одабрали су као одговор на ово питање опцију г), у којој се наводи да ћелије желудачне мукозе луче жуч.

У оквиру задатка 4, ученици из обе групе су или коректно навели да је уништавање ћелија панкреаса у одсуству хране спречено захваљујући продукцији протеолитичких ензима у облику неактивних проензима, или нису ни покушали да реше овај задатак.

У оквиру задатка 5, око 60% ученика из обе групе успешно је установило да ензим амилаза представља компоненту пљувачке која разлаже скроб, али да овај ензим губи активност на високој температури. Неки од ученика из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни навели су, пак, да се на високој температури скроб разлаже на мање делове, које амилаза не може да разгради.

У оквиру задатка 6, нешто више од половине ученика из обе групе успешно је навело хидросолубилне и липосолубилне витамине. С обзиром да је реч о градиву које су ученици обрадили свега пар недеља пре почетка експеримента, могао се очекивати и већи број тачних одговора.

Као што се из Табеле 10 може видети, ученици из обе групе су у оквиру иницијалног теста највећих потешкоћа имали с решавањем задатка 7, у коме се од њих очекивало да одаберу тачну дефиницију појма цревна флора. Велики број ученика из обе групе чији су одговори кодирани као нетачни одабрао је опцију а), која је садржала тврдњу која делимично подсећа на опис начина на који се у људском организму развија имунитет на одређене патогене микроорганизме путем вакцине.

Коначно, у оквиру задатка 8 који се односио на мембранске транспортне процесе, ученици из обе групе показали су веома добро разумевање механизма дифузије и активног транспорта, док су више потешкоћа имали с механизмом осмозе, као и утврђивањем да не постоји мембрански транспортни процес у коме се транспорт врши насупротив концентрационом градијенту, без утрошка енергије.

#### 4. 2. 2. Резултати завршног теста

У Табели 11 наведен је укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе ( $p_E$  и  $p_K$ ) на завршном тесту, као и одговарајућа вредност упареног  $t(257)$  теста.

**Табела 11.** Укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе ( $p_E$  и  $p_K$ ) на завршном тесту уз одговарајућу вредност упареног  $t(257)$  теста

Група	Укупан проценат тачних одговора	$p_E - p_K$ (%)	$t(257)$
Експериментална	69,07	14,93	+2,50 <sup>a</sup>
Контролна	54,14		

<sup>a</sup>Разлика у укупном проценту тачних одговора у експерименталној и контролној групи је статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,05$

Као што се из Табеле 11 може видети, вредност упареног  $t(257)$  теста показује да су ученици из експерименталне групе имали статистички значајно већи укупни проценат тачних одговора од ученика из контролне групе, на завршном тестирању.

Број тачних/нетачних одговора ученика из две групе, као и одговарајуће вредности хи-квадрат теста за сваки од задатака из завршног теста приказани су у Табели 12. Максимални број тачних одговора на завршном тесту, по ученику, био је 15.

**Табела 12.** Број тачних/нетачних одговора ученика из експерименталне и контролне групе уз одговарајуће вредности хи-квадрат теста за сваки од задатака из завршног теста

<b>Задатак</b>	<b>Број тачних одговора у експерименталној групи</b>	<b>Број нетачних одговора у експерименталној групи</b>	<b>Број тачних одговора у контролној групи</b>	<b>Број нетачних одговора у контролној групи</b>	<b><math>\chi^2</math> (1, N=257)</b>
<b>1a</b>	101	24	96	37	2,65
<b>1b1</b>	99	26	86	47	6,71 <sup>a</sup>
<b>1b2</b>	93	32	72	61	11,48 <sup>a</sup>
<b>1b3</b>	64	61	51	82	4,31 <sup>b</sup>
<b>2a</b>	91	34	87	46	1,64
<b>2b</b>	83	42	63	70	9,50 <sup>a</sup>
<b>3</b>	97	28	86	47	5,23 <sup>b</sup>
<b>4</b>	119	6	108	25	11,94 <sup>a</sup>
<b>5a1</b>	71	54	42	91	8,72 <sup>a</sup>
<b>5a2</b>	67	58	42	91	12,81 <sup>a</sup>
<b>5b</b>	102	23	97	36	2,75
<b>6a</b>	79	46	61	72	7,80 <sup>a</sup>
<b>6b</b>	78	47	65	68	4,77 <sup>b</sup>
<b>6в</b>	77	48	66	67	3,74
<b>6г</b>	74	51	58	75	6,27 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Вредност хи-квадрат теста је статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,01$

<sup>b</sup>Вредност хи-квадрат теста је статистички значајна на нивоу значајности  $p < 0,05$

Вредности хи-квадрат теста у Табели 12 показују да су ученици из експерименталне групе остварили статистички значајно већи број тачних одговора од ученика уз контролне групе на 11 од 15 задатака из завршног теста, иако су резултати иницијалног теста показали да су ученици из две групе имали релативно уједначени ниво предзнања из биологије, хемије и физике везаних за процес варења, на почетку експеримента.

Резултати из Табеле 12 даље показују да су ученици из експерименталне групе били статистички значајно успешнији од ученика из контролне групе на свим задацима из завршног теста који су захтевали концептуално разумевање новостечених знања о процесу варења, с изузетком задатака 2a и бв. Конкретно, ученици из експерименталне групе показали су боље концептуално разумевање својстава различитих типова хране у сва три сегмента задатка 1б, као и боље концептуално разумевање утицаја физичке активности на

телесну масу људског организма у оквиру задатка 2б. Кроз решавање задатка 3 ученици из експерименталне групе приказали су боље концептуално разумевање фактора који утичу на активност ензима пепсина, док су у задатку 4 показали боље концептуално разумевање процеса ресорпције алкохола у желуцу. У оквиру задатка 5а ученици из експерименталне групе показали су и боље концептуално разумевање основа патолошких стања панкреатитис, жутица и нетолеранција лактозе, док су у задацима 6а, 6б и 6г показали боље концептуално разумевање процеса ресорпције нутријената у танком и дебелом цреву.

Последично се може извести закључак да је интердисциплинарни приступ настави ефективнији од дисциплинарног приступа када је у питању подстицање концептуалног разумевања процеса варења, код ученика гимназије природно-математичког смера. Низак ниво концептуалног разумевања, као што је претходно истакнуто, доводи се у везу с учењем напамет до кога долази када ученици једноставно меморишу нова знања, без њиховог повезивања с сродним знањима која су претходно стекли. Да би се ово избегло, потребно је подстицати смислено учење до кога долази када се нова знања повезују с сродним претходно стеченим знањима (Bretz, 2001; Novak, 2002; Grove & Bretz, 2012), што је и био случај с ученицима из експерименталне групе. С друге стране, ученици из контролне групе, који су поседовали релативно уједначени ниво предзнања из хемије, биологије и физике везаних за процес варења, али нису били подстицани да нова знања о процесу варења надограде на ова предзнања, показали су статистички значајно мањи степен концептуалног разумевања процеса варења, на завршном тесту.

Резултати из Табеле 12 показују и да су ученици из експерименталне групе били статистички значајно успешнији од ученика из контролне групе на свим задацима из завршног теста који су захтевали функционализацију знања о процесу варења, с изузетком задатака 2а и 6в. Конкретно, ученици из експерименталне групе су се показали оспособљенијим за одабир адекватних прехранбених артикала и типова физичких активности у циљу регулације телесне масе (задаци 2а и 2б), као и за одабир прехранбених артикала који могу да успоре ресорпцију алкохола у желуцу (задатак 4). Такође су се показали оспособљенијим за препознавање патолошких стања дигестивног система на основу резултата медицинских анализа (задатак 5а), као и за утврђивање да је ресорпција различитих типова нутријената тесно повезана с читавим низом процеса који се одвијају у живом свету, као што су отварање стома код биљака, "расољавање" узорака протеина путем дијализе, транспорт масних киселина на нивоу унутрашње митохондријске мембране у хуманим ћелијама, као и исхрана бактерија из рода *Bacillus subtilis*, пошто се сви ови процеси заснивају на идентичним мембранским транспортним механизмима.

На основу свега што је претходно наведено, може се извести закључак да је интердисциплинарни приступ настави ефективнији од дисциплинарног приступа, када је у питању оспособљавање ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања о процесу варења у реалном животу. Као што је претходно објашњено, интердисциплинарни приступ настави подразумева стицање нових знања у реалним контекстима који су блиски и релевантни ученицима (Czerniak & Johnson, 2014; McComas, 2009). Последиčno, уместо да се на варење гледа као на низ физичких и хемијских процеса који се дешавају у оквиру различитих сегмената дигестивног тракта, ученици у експерименталној групи су били у прилици да ове процесе сагледају у оквиру различитих реалних контекста као што су коришћење алкохола, гојазност, нетолеранција одређених нутријената, чињенице да су одређени типови хране лакше сварљиви од других и сл. Као што резултати овог истраживања показују, повезивање нових знања с аутентичним ситуацијама и проблемима представља веома ефективно средство за подстицање функционализације ових знања, код ученика гимназије природно-математичког смера.

Као што се из Табеле 12 може видети, статистички значајна разлика у постигнућима ученика из контролне и експерименталне групе није установљена код задатака 1а, 2а, 5б и 6в на завршном тесту.

Задаци 1а и 5в представљају најједноставније задатке у завршном тесту. Они од ученика нису захтевали решавање реалних проблема, већ просту репродукцију чињеничних знања о процесу варења. Конкретно, у задатку 1а од ученика се очекивало да одаберу целулозу као супстанцу која не представља нутријент за људски организам (остале понуђене супстанце су биле јод, говеђи серум албумин, фолна киселина и холестерол). У задатку 5б, од ученика се очекивало да наведу назив патолошког стања у коме је отежано варење лактозе. На основу резултата овог експеримента може се закључити да интердисциплинарни приступ није ефективнији од дисциплинарног приступа у подстицању памћења чињеничних академских знања.

Изостанак статистички значајне разлике у постигнућима у корист ученика из експерименталне групе код задатка 2а, највероватније је последица њиховог непажљивог читања текста овог задатка. Конкретно, док већина ученика из контролне групе чији су одговори кодирани као нетачни није ни покушала да реши овај задатак, готово половина ученика из експерименталне групе чији су одговори кодирани као нетачни успешно је одредила енергетску вредност дијеталне соде, на основу информације да ово пиће не садржи угљене хидрате, липиде и протеине. Ово, међутим, нису искористили да би у потпуности одговорили на захтев овог задатка да израчунају енергетску вредност obroка кога је поред дијеталне соде чинио и један хамбургер и један милкшејк, чије су енергетске

вредности наведене у тексту задатка. По завршетку експеримента, већина ових ученика је потврдила да није ни била свесна да је било потребно одговорити и на овај захтев.

Задатак бв односио се на процес олакшане дифузије. По завршетку експеримента, ученици из обе групе потврдили су да су у оквиру наставе физике у другом разреду, као и наставе биологије у трећем разреду гимназије детаљно размотрили механизме дифузије, осмозе и активног транспорта, али не и процеса олакшане дифузије. Нажалост, у оквиру улазног теста проверено је само њихово предзнање везано за процесе дифузије, активног транспорта и осмозе, тако да изостанак предзнања везаног за процес олакшане дифузије није на време установљен. Последишно, већина ученика из обе групе чији су одговори на овај задатак у завршном тесту кодирани као нетачни, заменила је процес олакшане дифузије с процесом активног транспорта, вероватно због учешћа мембранских транспортних протеина у оба процеса. Ово потврђује став да ефективна интердисциплинарна настава о било ком физиолошком процесу мора благовремено да детектује и отклони све недостатке и мисконцепције у предзнању из хемије, биологије и физике које је неопходно за савладавање градива о том процесу, како би даље учење о овом процесу могло несметано да се одвија (Michael, 2006).

Коначно, као што се у Табелама 9 и 11 може видети, укупни проценат тачних одговора у експерименталној групи повећао се са 64,70% на иницијалном тесту на 69,07% на завршном тесту, док се код контролне групе овај проценат заправо смањило са 64,66% на улазном тесту на 54,14% на завршном тесту, што је тенденција која је уочена и у оквиру резултата експеримента којим је испитана ефективност когнитивног шегртовања. Као што је претходно објашњено, иницијални и завршни тест су у оба експеримента представљали два различита теста, при чему су задаци на иницијалном тесту били конципирани по угледу на задатке у уџбенику с чијим решавањем су ученици из две групе имали много искуства, док су задаци на завршном тесту били конципирани тако да захтевају примену новостечених знања у решавању проблема из реалног живота. То је био први пут да су се ученици из обе групе сусрели с оваквим типом задатака. Стога је, као и у претходном експерименту, могуће да је сусрет с до тада непознатим типом задатака на завршном тесту ученицима из обе групе донекле отежао успешну и конзистентну примену новостечених знања и вештина.

## **5. ЗАКЉУЧАК**



Конструктивистички приступ настави, у оквиру кога су ученици стављени у позицију активних учесника у процесу учења и подстакнути да знања која на тај начин стичу примене у реалном животу, представља окосницу реформи образовних система које су, током последњих двадесетак година, спроведене широм света. Основни циљ ових реформи био је да се, кроз процес наставе, ученици адекватно припреме за живот у савременом друштву, које се у научно-технолошком смислу непрекидно мења. Потреба за реформом образовног система препозната је и у нашој земљи у оквиру *Стратегије развоја образовања у Србији до 2020. године*, а када је у питању област природних наука, као једна од полазних тачака узети су резултати наших ученика у области научне писмености, на међународним PISA тестирањима. Они су веома забрињавајући, будући да показују да се сваки трећи ученик у овој области може сматрати функционално неписменим, док је број ученика који се налазе на највишим нивоима научне писмености занемарљив. Имајући у виду да су PISA тестирања намењена просечним ученицима једне земље старости петнаест година, може се закључити да је научна писменост већине новоуписаних средњошколаца у нашој земљи, укључујући и ученике гимназија природно-математичког смера врло слаба, или у потпуности изостаје.

У *Стратегији развоја образовања у Србији до 2020. године*, наведено је да је гимназијаска настава током последњих двадесетак година најмање била изложена реформама. Оне су у овом тренутку апсолутно нужне, будући да је квалитет гимназијског образовања окарактерисан као недовољно добар, због чега гимназијалци нису адекватно припремљени за наставак школовања у високом образовању. Закључено је да промене квалитета гимназијског учења и наставе, између осталог, морају почивати на увођењу модерних метода учења/наставе који развијају компетенције потребне за живот у савременом свету, међу којима једно од кључних места заузима управо научна писменост.

У оквиру развоја ученичке научне писмености, која подразумева концептуално разумевање и способност функционалне примене научних знања у решавању проблема из реалног живота, једну од кључних ставки представља подстицање бољег концептуалног разумевања и боље функционализације знања из органске хемије. Истраживања су, међутим, показала да ученици средњих школа органску хемију сматрају апстрактним предметом, чије је градиво тешко за разумевање. Ово је, пре свега, последица саме концепције традиционалне наставе органске хемије, која уместо на повезивање новог градива с претходно стеченим знањима, критичко размишљање и проналажење различитих путева за решавање комплексних проблема из реалног живота, ученике подстиче на просту репродукцију градива и усвајање алгоритама за решавање ограниченог броја типичних академских проблема из уџбеника.

Контекстуални приступ настави произишао је управо из конструктивистичке теорије наставе/учења и широм света је препознат као један од потенцијално најефективнијих наставних приступа за подстицање развоја научне писмености. Последично, конципирана је и у праксу уведена већа количина наставних материјала из различитих области хемије, заснованих на принципима овог приступа. Сада је, међутим, потребно проверити ефективност оваквог начина рада. Будући да се градиво у оквиру аутентичних контекста може презентовати на различите начине, фокусирали смо се на ефективност два специфична облика контекстуалног приступа настави, когнитивно шегртовање и интердисциплинарни приступ настави.

У литератури је, у овом тренутку, доступан занемарљиво мали број експерименталних истраживања којима су испитани ефекти примене наведених облика контекстуалног приступа у настави органске хемије. Ово се посебно односи на средњошколску наставу органске хемије, у оквиру које до сада није спроведен ни један педагошки експеримент с паралелним групама, којим би се испитали ефекти примене когнитивног шегртовања, односно, интердисциплинарног приступа настави. Имајући у виду и потребу да се научна писменост наших ученика гимназије природно-математичког смера унапреди, циљ ове дисертације био је да се утврди да ли когнитивно шегртовање и интердисциплинарни приступ настави могу да допринесу бољем концептуалном разумевању и бољој функционализацији градива одабраних наставних тема из области органске хемије, код ученика гимназије природно-математичког смера, у односу на традиционални приступ настави. Конкретно, провера ефективности когнитивног шегртовања спроведена је у оквиру обраде наставне теме *Карбоксилне киселине и њихови деривати*, док је провера ефективности интердисциплинарног приступа настави спроведена у оквиру обраде наставне теме *Варење*. У складу са свиме што је претходно наведено, постављене су следеће истраживачке хипотезе:

**X1.** *Когнитивно шегртовање је статистички значајно успешније од традиционалног приступа настави у подстицању бољег концептуалног разумевања градива о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима код ученика гимназије природно-математичког смера.*

**X2.** *Когнитивно шегртовање је статистички значајно успешније од традиционалног приступа настави у оспособљавању ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у реалном животу.*

**X3.** *Интердисциплинарни приступ настави је статистички значајно успешнији од дисциплинарног приступа у подстицању бољег концептуалног разумевања градива*

*органике хемије везаног за процес варења код ученика гимназије природно-математичког смера.*

**X4.** *Интердисциплинарни приступ настави је статистички значајно успешнији од дисциплинарног приступа у подстицању боље оспособљености ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања из органике хемије везаног за процес варења у реалном животу.*

У оквиру приступа когнитивног шегртовања, ученици су постављени у позицију шегрта који се, учећи уз константну подршку искусног експерта (наставника), али и кроз сарадњу с другим шегртима (вршњацима из разреда), оспособљавају за самосталну примену знања из органике хемије у реалном животу. Ради провере ефективности когнитивног шегртовања када је у питању подстицање концептуалног разумевања и функционализације знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима, спроведен је педагошки ексеримент с паралелним групама. У експерименту је учествовао 241 ученик трећег разреда гимназије, природно-математичког смера.

Као инструмент за проверу нивоа и уједначености предзнања ученика из експерименталне и контролне групе везаног за наставну тему *Карбоксилне киселине и њихови деривати* на почетку експеримента, коришћен је иницијални тест. Задаци на иницијалном тесту проверавали су искључиво академска знања, тј. били су конципирани по угледу на задатке из уџбеника. На основу постигнућа на иницијалном тесту, закључено је да су ученици из две групе имали релативно уједначен ниво предзнања везаног за поменуту наставну тему, на почетку експеримента. Како би се избегло да ученици из експерименталне и контролне групе исти тест раде два пута, а ученици из експерименталне групе кроз решавање иницијалног теста буду припремљени за примену експерименталне интервенције, иницијални и завршни тест у овом експерименту представљали су два различита теста. Завршни тест садржао је задатке који су захтевали примену новостечених знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у решавању реалних проблема, уз додатни захтев да се поступак решавања образложи, како би се стекао увид у концептуално разумевање ових знања.

Будући да су ученици из експерименталне групе остварили статистички значајно већи укупан проценат тачних одговора на завршном тесту, као и статистички значајно већи број тачних одговора на већини задатака на овом тесту, у односу на ученике из контролне групе, може се закључити да су истраживачке хипотезе **X1** и **X2** тачне, тј.:

**Когнитивно шегртовање је статистички значајно успешније од традиционалног приступа настави у подстицању бољег концептуалног разумевања**

## **градива о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима код ученика гимназије природно-математичког смера**

**Когнитивно шегртовање је статистички значајно успешније од традиционалног приступа настави у оспособљавању ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у реалном животу.**

Потврда тачности истраживачке хипотезе **X1** у складу је с резултатима истраживања које су спровели Рот и Боуен (Roth & Bowen, 1995), који су показали да когнитивно шегртовање доприноси бољем концептуалном разумевању градива природних наука, у односу на традиционалну наставу. Такође је у складу с литературним наводима да стицање нових знања кроз решавање аутентичних проблема доприноси бољем концептуалном разумевању ових знања (Winther & Volk, 1994; Newman *et al.*, 1995, Demircioglu *et al.*, 2009; Shwartz-Bloom *et al.*, Godin *et al.*, 2014). Решавање аутентичних проблема захтева повезивање новостечених знања с знањима која ученици већ поседују, чиме се спречава да ова знања буду научена напамет. Такође, кроз решавање реалних проблема који су најчешће комплексни и не могу се решити према једном одређеном алгоритму, спречава се подстицање ученика да памте алгоритме за решавање уџбеничких проблема. Коначно, кроз комбиновање различитих метода и принципа модела когнитивног шегртовања, сваки тип новог градива се ученицима може презентовати на најефективнији начин. Све ово, сматрамо, допринело је подстицању концептуалног разумевања градива органске хемије.

Потврда тачности истраживачке хипотезе **X2** у супротности је с резултатима истраживања које је спровео Хендрикс (Hendricks, 2001), који је установио да когнитивно шегртовање није ефективније од традиционалне наставе када је у питању подстицање трансфера новостечених знања на реални живот. Наши резултати су, међутим, потпуно у складу с тврдњом коју су изнели Денен и Брунер (Dennen & Bruner, 2008), да стицање нових знања у контекстима њихове апликације у реалном животу, олакшава примену ових знања у пракси. Сматрамо да потенцијал когнитивног шегртовања да унапреди функционализацију знања лежи управо у чињеници да ученици нова знања стичу кроз примере њихове примене у реалном животу, што је употпуној супротности с традиционалном наставом, у оквиру које се ученицима презентују искључиво чиста академска знања.

Упркос томе што се когнитивно шегртовање, у односу на традиционалну наставу, показало ефективнијим када је у питању превазилажење крупних изазова као што су потреба за унапређивањем концептуалног разумевања и функционализације знања из

органике хемије, резултати нашег експеримента показали су да то није случај и са мање комплексним захтевима везаним за коректно писање структурних хемијских формула органике једињења и једначина хемијских реакција у органичкој хемији. Сматрамо да је ово, такође, последица саме природе два приступа настави. Када је у питању писање структурних хемијских формула органике једињења, традиционални приступ инсистира на памћењу што већег броја ових формула, за сваку класу органике једињења која се изучава. С друге стране, у оквиру когнитивног шегртовања, ученици су подстакнути да уочавају специфичне структурне карактеристике једињења о којима уче и повежу их с начином на који оне утичу на могућност примене ових једињења у реалном животу. Када је у питању писање једначина хемијских реакција, традиционални приступ инсистира на презентовању и памћењу што већег броја ових једначина за сваку класу органике једињења која се изучава, док је когнитивно шегртовање више усмерено на подстицање разумевања механизма ових хемијских реакција. Због тога је у будућности потребно пронаћи начине за модификовање примене когнитивног шегртовања у настави органике хемије, како би се допринело лакшем испуњавању и ова два, мање комплексна, захтева.

У сваком случају, резултати спроведеног експеримента показују да когнитивно шегртовање има потенцијал да унапреди наставу о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима у гимназији природно-математичког смера. Конкретно, настава заснована на примени принципа од локалних ка глобалним вештинама, у оквиру које је наставник најпре елаборирао општи механизам реакције нуклеофилне ацилне супституције, а затим подстицао ученике да овај механизам примене на конкретним примерима реакција различитих деривата карбоксилних киселина с нуклеофилима и реакцију естерификације, ученицима из експерименталне групе олакшала је учење о хемијским својствима ових класа органике једињења. настава заснована на принципу повећања комплексности, уз примену методе моделинга и Итакамура методе артикулације, олакшала је ученицима из експерименталне групе стицање знања о киселости карбоксилних киселина. Такође, настава заснована на принципу од глобалних ка локалним вештинама подстакла је ученике из експерименталне групе да, на основу знања о физичким својствима претходно обрађених класа органике једињења, сами дођу до сазнања о физичким својствима карбоксилних киселина и њихових деривата. Усвајање свих нових знања о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима је додатно било подстакнуто самом организацијом рада на часовима њихове обраде, која је подразумевала кооперативно решавање реалних проблема у малим групама, уз константни надзор, подршку и помоћ наставника.

Имајући у виду резултате нашег експеримента, можемо очекивати да би редовна примена когнитивног шегртовања у настави органике хемије могла веома позитивно да се одрази на развој научне писмености код ученика гимназије природно-математичког смера, а тиме и на њихову оспособљеност да савладају изазове које пред њих поставља живот у

савременом свету, као и универзитетско образовање у области природних наука. Овде је, међутим, важно истаћи да успешна примена когнитивног шегртовања у настави захтева добро познавање свих начела овог приступа. Због његове комплексности, стицање знања и вештина које су потребне за примену когнитивног шегртовања у наставној пракси захтева много времена и енергије, због чега, као што је у оквиру овог експеримента установљено, наставници оптерећени пуним фондом радних обавеза, не показују велики ентузијазам ка његовом упознавању и увођењу у наставу. Да би се ово избегло, наставници хемије би когнитивно шегртовање требало да разматрају током свог универзитетског образовања, а компетенције за примену овог приступа у настави додатно унапреде кроз семинаре за стручно усавршавање наставника.

\*\*\*

На нивоу Европске уније, али и у нашој земљи у оквиру *Стандарда опитних међупредметних компетенција за крај средњег образовања*, препознато је да је развој међупредметних компетенција кључан за припрему ученика за превазилажење различитих изазова које са собом носи живот у савременом свету. Развој међупредметних компетенција захтева повезивање знања, вештина и ставова из различитих наставних предмета, релевантних за различите реалне контексте који захтевају њихову функционалну примену, а све ово су, уједно, и основна начела интердисциплинариног приступа настави.

Последично, интердисциплинарни приступ настави препознат је од стране Светске здравствене организације као један од кључних наставних приступа који могу допринети превазилажењу изазова везаних за по здравље штетне навике у исхрани, код ученика средњих школа. Утврђено је да концептуално разумевање, као и функционализација знања о процесу варења (у оквиру којих кључно место заузимају знања из органске хемије о макронутријентима, активности дигестивних ензима, учешћу соли коњугованих жучних киселина у емулгацији хране липидног порекла итд.) значајно доприносе развоју здравих навика у исхрани. Ради провере ефикасности интердисциплинарног приступа настави када је у питању подстицање концептуалног разумевања и функционализације градива органске хемије везаног за процес варења, спровели смо педагошки експеримент с паралелним групама.

У експерименту је учествовало 258 ученика четвртог разреда гимназије природно-математичког смера. Интердисциплинарана настава о процесу варења подразумевала је повезивање знања о овом процесу презентованих у уџбенику хемије за четврти разред гимназије природно-математичког смера, с сродним претходно стеченим знањима из хемије, биологије и физике. С друге стране, обрада наведене наставне теме с ученицима из контролне групе заснивала се искључиво на излагању знања о процесу варења која су била презентована у наведеном уџбенику.

Као инструмент за проверу нивоа и уједначености предзнања из хемије, биологије и физике која су ученицима из две групе била потребна за савладавање наставне теме *Варење*, коришћен је иницијални тест. Задаци на иницијалном тесту, захтевали су или просту репродукцију, или једноставну апликацију ових дисциплинарних академских знања. На основу њихових постигнућа на иницијалном тесту, закључено је да су ученици из експерименталне и контролне групе имали релативно уједначено предзнање из хемије, биологије и физике везано за поменуту наставну тему, на почетку експеримента.

Као и у претходно описаном експерименту којим је испитана ефективност когнитивног шегртовања, иницијални и завршни тест у овом експерименту су представљали два различита теста. Завршни тест садржао је задатке који су захтевали примену новостечених знања о процесу варења у решавању реалних проблема, уз додатни захтев да се поступак решавања образложи, како би се стекао увид у концептуално разумевање овог градива. Будући да су ученици из експерименталне групе остварили статистички значајно већи укупан проценат тачних одговора на завршном тесту, као и статистички значајно већи број тачних одговора на већини задатака на овом тесту, у односу на ученике из контролне групе, може се закључити да су истраживачке хипотезе **X3** и **X4** тачне, тј.:

**Интердисциплинарни приступ настави је статистички значајно успешнији од дисциплинарног приступа у подстицању бољег концептуалног разумевања градива органске хемије везаног за процес варења, код ученика гимназије природно-математичког смера**

**Интердисциплинарни приступ настави је статистички значајно успешнији од дисциплинарног приступа у подстицању боље оспособљености ученика гимназије природно-математичког смера за примену знања из органске хемије везаног за процес варења, у реалном животу.**

Потврда тачности истраживачке хипотезе **X3** у складу је с ставом већег броја аутора да интердисциплинарни приступ настави има потенцијал да унапреди концептуално разумевање (Maurer, 1994; Haigh & Rehfeld, 1995; Wicklein & Schell, 1995; Lattuca *et al.*, 2004; McGivney-Burelle *et al.*, 2008; Nagle, 2013). Сматрамо да се ово првенствено може објаснити чињеницом да интердисциплинарни приступ подстиче повезивање нових знања с предзнањима из различитих наставних предмета, што само по себи подстиче смислено учење, односно, спречава учење напамет. Такође, знања из различитих области се повезују ради решавања реалних проблема, чиме се избегава

подстицања ученика на памћење једноставних алгоритама за решавање карактеристичних уџбеничких проблема.

Потврда тачности истраживачке хипотезе **X4** у складу је с ставом да интердисциплинарни приступ има потенцијал да оспособи ученике за превазилажење различитих изазова које са собом носи живот у савременом свету (Rennie *et al.*, 2012). Будући да интердисциплинарни приступ настави подразумева стицање нових знања у реалним контекстима који су блиски и релевантни ученицима, уместо да се на варење гледа као на низ физичких и хемијских процеса који се дешавају у оквиру различитих сегмената дигестивног тракта, ученици у експерименталној групи су били у прилици да ове процесе сагледају у оквиру различитих реалних контекста као што су коришћење алкохола, гојазност, нетолеранција одређених нутријената, чињенице да су одређени типови хране лакше сварљиви од других и сл. Сматрамо да је овакав приступ био кључан за постицање функционализације знања о процесу варења.

Резултати спроведеног експеримента такође показују да упркос томе што се показало да интердисциплинарни приступ настави, у односу на дисциплинарну наставу, има већи потенцијал да допринесе превазилажењу крупних изазова као што су потреба за унапређивањем концептуалног разумевања и функционализације градива органске хемије везаног за наставну тему *Варење*, исто се не може рећи за много мање комплексан захтев везан за репродукцију чињеничних академских знања о овом физиолошком процесу. Сматрамо да је узрок томе управо већа усредсређеност интердисциплинарног приступа на разматрање механизма физичких и хемијских процеса који се дешавају у оквиру дигестивног тракта, кроз повезивање знања из различитих дисциплина. Чињенична академска знања, као што су називи одређених патолошких стања, ензима, компоненти дигестивног тракта и сл., више су акцентована у оквиру дисциплинарног приступа обради дате наставне теме. Последично, у будућности је потребно пронаћи начине за модификовање примене интердисциплинарног приступа у настави органске хемије, како би се допринело лакшем испуњавању и овог, релативно једноставног, захтева.

У сваком случају, резултати нашег експеримента показују да интердисциплинарни приступ има потенцијал да унапреди наставу о процесу варења у гимназијама природно-математичког смера. Конкретно, настава заснована на повезивању знања из хемије и биологије ученицима је олакшала савладавање градива о различитим типовима нутријената и њиховим карактеристикама, енергетској вредности хране и утицају конзумирања различитих типова хране и физичке активности на телесну масу, као и факторима који утичу на активност дигестивних ензима и различитим патолошким стањима дигестивног система. Такође, настава заснована на повезивању знања из хемије, биологије и физике, ученицима је олакшала усвајање знања о ресорпцији различитих



типова нутријената. Овде је, међутим, потребно истаћи да успешна примена интердисциплинарног приступа у настави захтева благовремено детектовање изостанка потребних предзнања, као и постојања мисконцепција, у оквиру сваке од научних дисциплина чија ће се знања користити у обради одабране наставне теме, као и њихово отклањање. Ово је од кључног значаја, будући да су резултати нашег експеримента потврдили да ће сваки изостанак потребних предзнања, као и постојање мисконцепција везаних за градиво из било које од ових дисциплина, значајно отежати савладавање новог градива.

С обзиром да већина наставника хемије у гимназији природно-математичког смера поседује потребни ниво предзнања из домена осталих природних наука, примена интердисциплинарног приступа у настави органске хемије, у погледу утрошка времена и енергије, не би требало да представља претерано захтеван процес. Због тога је интердисциплинарна настава природних наука донекле и присутна у нашим гимназијама, али и даље се не може говорити о њеној масовној и редовној примени. Имајући у виду резултате нашег експеримента, можемо очекивати да би редовна примена интердисциплинарног приступа у настави органске хемије могла веома позитивно да се одрази на развој ученичке научне писмености, а тиме и на њихову оспособљеност да савладају изазове универзитетског образовања у области природних наука, као и живота у савременом свету, међу којима је и недовољно здрава исхрана. Због тога је, у оквиру њиховог универзитетског образовања, као и семинара за стручно усавршавање наставника, с великом пажњом потребно развијати компетенције наставнике хемије за примену овог приступа у настави. Коначно, будући да сарадња наставника различитих наставних предмета значајно доприноси ефективности примене интердисциплинарног приступа, унапређивању наставне праксе сваког од њих, као и развоју међупредметних компетенција код ученика, у оквиру самог школског колектива континуирано је потребно подстицати наставнике на овакав вид сарадње.

## **5. 1. Завршне напомене**

На крају, морамо истаћи да, упркос резултатима експеримената с паралелним групама који су презентовани у оквиру ове дисертације, очекивани позитивни ефекти примене когнитивног шегртовања и интердисциплинарног приступа у настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера у пракси могу бити у извесној мери умањени, будући да оба експеримента имају своја ограничења.

Највеће ограничење представља чињеница да је кроз оба експеримента по први пут испитана ефективност примене когнитивног шегртовања у настави о карбоксилним киселинама и њиховим дериватима, односно ефективност интердисциплинарног приступа

у настави о процесу варења. Потребно је спровести додатна истраживања која би потврдила ефективност наведених приступа у обради истих, али и што је могуће већег броја других наставних тема из области органске хемије које су предвиђене наставним програмима за трећи и четврти разред гимназије природно-математичког смера, како би генерализација закључака до којих смо дошли могла да се изврши с већом сигурношћу.

Такође, упркос предузетим мерама за ублажавање дејства Хоторновог ефекта, који се код ученика из експерименталне групе, у оба експеримента, могао испољити због примене експерименталне интервенције, а у експерименту који се односио на когнитивно шегртовање и због присуства новог наставника, сасвим је могуће да је овај ефекат ипак имао одређеног позитивног утицаја на постигнућа ученика у експерименталној групи.

С друге стране, пак, имамо ситуацију да је укупан проценат тачних одговора ученика из експерименталне групе у оба експеримента на завршном тесту био само незнатно већи од укупног процента тачних одговора на иницијалном тесту, док је код ученика из контролне групе, у оба случаја, чак дошло до смањења укупног процента тачних одговора на завршном тесту, у односу на иницијални тест. Задаци на иницијалном тесту били су конципирани по угледу на задатке из уџбеника с чијим су решавањем ученици из обе групе имали много искуства, док су се с типом задатака који је доминирао на завршном тесту и захтевао примену стечених знања у решавању реалних проблема, сусрели по први пут. Последишно, постоји велика могућност да је сусрет с новим типом задатака, донекле, отежао ученицима из обе групе да у потпуности прикажу концептуално разумевање и функционализацију знања која су стекли у оквиру сваког од експеримената. Сматрамо да је важно да наставници гимназије природно-математичког смера у будућности свој процес праћења и проверавања ученичких постигнућа у области органске хемије унапреде увођењем задатака који од ученика захтевају примену новостечених знања у реалним контекстима. Кроз решавање задатака овог типа, ученици би добили додатну прилику да развију компетенције везане за примену знања из органске хемије у реалном животу, као и да унапреде концептуално разумевање ових знања.

## **6. ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Acton, W. H., Johnson, P. J. & Goldsmith, T. E., (1994), Structural knowledge assessment: Comparison of referent structures, *Journal of Educational Psychology*, 86, 303-311.
- [2] Aikenhead, G. S., (2006), *Science education for everyday life-evidence-based practice*, New York: Teacher College Press.
- [3] Akkuzu, N. & Uyulgan, M. A., (2015), An epistemological inquiry into organic chemistry education: exploration of undergraduate students' conceptual understanding of functional groups, *Chemistry Education Research and Practice*, 17 (1), 36-57.
- [4] American Association for the Advancement of Science (AAAS), (1993), *Benchmarks for science literacy*, New York: Longman.
- [5] American Dietetic Association, (1997), Position of the American Dietetic Association: food and water safety, *Journal of American Dietetic Association*, 97 (9), 1048-1053.
- [6] Anđelković, S. & Stanisavljević Petrović, (2013), *Škola i neformalni obrazovni konteksti*, Beograd: Geografski fakultet.
- [7] Anđelković, S. & Stanisavljević Petrović, (2013a), Učenje i poučavanje van učionice-ambijentalna nastava, *Nastava i vaspitanje*, 4 (1), 39-52.
- [8] Aydın, S., (2016), To what extent do Turkish high school students know about their body organs and organ systems?, *International Journal of Human Sciences*, 13 (1), 1094-1106.
- [9] Bailey, Jr. P. S. & Bailey, C. A., (1971), A Program for Relevant Organic Chemistry in High School, *Journal of Chemical Education*, 48 (4), 263-264.
- [10] Barker, V. & Millar, R., (1996), *Differences between Salters' and traditional A-level chemistry students' understanding of basic chemical ideas*, York, UK: University of York.
- [11] Barton, K. & Smith, L., (2000), Themes or Motifs? Aiming for Coherence Through Interdisciplinary Outlines, *The Reading Teacher*, 54 (1), 54-63.
- [12] Baucal, A. & Pavlović-Babić, D., (2010), *Nauči me da mislim, nauči me da učim: PISA 2009 u Srbiji*, Institut za Psihologiju Filozofskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu.  
Preuzeto sa [www.pisaserbia.org](http://www.pisaserbia.org) (21/04/2017)

[13] Baucal, A. & Pavlović-Babić, D., (2013), *Podrži me, inspiriši me: PISA 2012 u Srbiji*, Institut za Psihologiju Filozofskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Preuzeto sa [www.pisaserbia.org](http://www.pisaserbia.org) (21/04/2017)

[14] Beasley, W., (1980), High School Organic Chemistry Studies: Problems and prospects, *Journal of Chemical Education*, 57 (11), 807-809.

[15] Ben-Zvi, R., (1999), Non-science oriented students and the second law of thermodynamics, *International Journal of Science Education*, 21(12), 1251-1267.

[16] Bennet, J. & Lubben, F., (2006), Context-based Chemistry: The Salters approach, *International Journal of Science Education*, 28 (4), 999-1015.

[17] Bielaczyc, K., & Collins, A., (1999), Learning communities in classrooms: A reconceptualization of educational practice. In C M. Reigeluth (Ed.): *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 269-292.

[18] Bojczuk, M., (1982), Topic difficulties in O and A level chemistry, *School Science Review*, 63 (224), 545-551.

[19] Bransford, J. D., Franks, J. J., Vye, N. J. & Sherwood, R.D., (1989), New approaches to instruction: Because wisdom can't be told. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*, New York: Cambridge University Press, pp. 470-497.

[20] Bretz, S. L., (2001), Novak's theory of education: human constructivism and meaningful learning, *Journal of Chemical Education*, 78 (8), 1107-1116.

[21] Broman, K. & Parchmann, I., (2014), Students' application of chemical concepts when solving chemistry problems in different contexts, *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 516-529.

[22] Brown, A., & Campione, J., (1996), Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. In L. Schauble & R. Glaser (Eds.) *Innovations in learning: New environments for education*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 289-325

[23] Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P., (1989), Situated cognition and the culture of learning, *Educational Researcher*, 17, 32-42.

- [24] Byrd-Bredbenner, C., Maurer, J., Wheatley, V., Schaffner, D., Bruhn, C. & Blalock, L., (2007), Food safety self-reported behaviours and cognitions of young adults: results of a national study, *Journal of Food Protection*, 70 (8), 1917-1926.
- [25] Carter, J., Wiecha, J. L., Peterson, K. E., Nobrega, S. & Gortmaker, S. L., (2007), *Planet Health: An Interdisciplinary Curriculum for Teaching Middle School Nutrition and Physical Activity (2<sup>nd</sup> Ed.)*, Champaign, IL: Human Kinetics.
- [26] Cartrette, D. P. & Mayo, P. M., (2011), Students' understanding of acids/bases in organic chemistry contexts, *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 29-39.
- [27] Charney, J., Hmelo-Silver, C. E., Sofer, W., Neigeborn, L., Coletta, S. & Nemeroff, M., (2007), Cognitive Apprenticeship in Science through Immersion in Laboratory Practices, *Journal of Chemical Education*, 29 (2), 195-213.
- [28] Chen, W., Cone Purcell, T. & Cone, S. L., (2007), A Collaborative Approach to Developing an Interdisciplinary Unit, *Journal of Teaching in Physical Education*, 26 (2), 103-124.
- [29] Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P. & Glaser, R., (1989), Self Explanations: How students study and use examples in learning to solve problems, *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- [30] Childs, P. E. & Sheehan, M., (2009), What's difficult about chemistry? An Irish perspective, *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 204-218.
- [31] Cigdemoglu, 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, 302-317.
- [32] Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K., (2007), *Research Methods in Education* (6<sup>th</sup> ed.), New York: Routledge.
- [33] Collins, A., (2006), *Cognitive Apprenticeship*. In: R. K. Sawyer (Ed.) *The Cambridge Book of the Learning Science*, New York: Cambridge University Press, pp. 47-60.
- [34] Collins, A., Brown, J. S. & Holum, S., (1991), Cognitive Apprenticeship: Making Thinking Visible, *American Educator: The Professional Journal of the American Federation of Teachers*, 15 (3), 38-46.

- [35] Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E., (1989), Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, Learning and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 453-494.
- [36] Collins, A. & Smith, E. E., (1982), Teaching the process of reading comprehension. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg (Eds.), *How much and how can intelligence be increased?*, Norwood, NJ: Ablex, pp. 173-185.
- [37] Collins, A. & Stevens, A. L., (1983), A cognitive theory of interactive teaching. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 247-278.
- [38] Cook, D., (1967), *The impact of the Hawthorne effect in experimental designs in educational research*, (Report No 0726), Washington, DC: U.S Office of Education.
- [39] Coulston, A. M., (1999), President's page: personal responsibility and food safety, *Journal of American Dietetic Association*, 99 (2), 236.
- [40] Cruz-Ramirez de Arellano, D. & Towns, M. H., (2014), Students' understanding of alkyl halide reactions in undergraduate organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 501-515.
- [41] Cuban, L., (1984), *How teachers taught*, New York: Longman.
- [42] Czerniak, C. M. & Johnson, C. C., (2014), Interdisciplinary Science Teaching. In: S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education (2nd Ed.)*, London and New York: Routledge, pp. 395-411.
- [43] Davenport, M. R. & Jaeger, M., (1995), Integrating curriculum. *The Reading Teacher*, 49 (1), 60-62.
- [44] Davis, D. D., (1999), The research apprenticeship program: Promoting careers in biomedical sciences and the health professions for minority populations, Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (Montreal, Ontario, April 19-23).
- [45] Davis, E. A. & Miyake, N., (2004), Special issue: Scaffolding, *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 265-451.

- [46] Davis, E. A., (2003), Prompting middle school science students for productive reflection: generic and directed prompts, *Journal of Learning Sciences*, 12 (1), 91-142.
- [47] Davis, E. A. & Linn, M. C., (2000), Scaffolding students' knowledge integration: prompts for reflection in KIE, *International Journal of Science Education*, 22 (8), 819-837.
- [48] Davison, D. M., Miller, K. W. & Metheny, D. L., (1995), What does integration of science and mathematics really mean?, *School Science and Mathematics*, 95 (5), 226-230.
- [49] Delice, A., (2010), The sampling issues in quantitative research, *Educational Sciences: Theory & Practice*, 10 (4), 2001-2018.
- [50] 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, 241-249.
- [51] Demirel, M. & Coskun, D. Y., (2010), Case Study on Interdisciplinary Teaching Approach Supported by Project Based Learning, *The International Journal of Research in Teacher Education*, 2 (3), 28-53.
- [52] Dennen, V. P. & Bruner, K. J., (2008), The cognitive apprenticeship model in educational practice. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. J. G. van Merriënboer and M. P. Driscoll (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology*, (3rd ed.), Mahwah, NJ: Erlbaum, pp. 425-439.
- [53] Dorsey, D. W., Campbell, G. E., Foster L. L. & Miles, D. E., (1999), Assessing knowledge structures: relations with experience and posttraining performance, *Human Performance*, 12, 31-57.
- [54] Duffy, A. M., (2006), *Students' ways of understanding aromaticity and electrophilic aromatic substitution reactions*, Doctoral dissertation, Mathematics and Science Education, University of California, San Diego.
- [55] Duggan, S. & Gott, R., (2002), What sort of science education do we really need?, *International Journal of Science Education*, 24, 661-679.
- [56] Ebenezer, J. V. & Zoller, U., (1993), Grade 10 Students' Perceptions of and Attitudes toward Science Teaching and School Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (2), 175-186.



[57] Elders, M. J., (1993), Schools and health: A natural partnership, *Journal of School Health*, 63 (7), 312-315.

[58] Elkind, D., (2004), The Problem with Constructivism, *The Educational Forum*, 68, 306-312.

[59] European Reference Framework of Key Competences for Lifelong Learning, (2006), Brussels: European Commission.

[60] EURYDICE, (2011), *Science education in Europe: National policies, practices and research*, Brussels: EURYDICE.

[61] Fink, L. D., (2003), *Creating Significant Learning Experiences: An Integrated Approach to Designing College Courses*, San Francisco: Jossey-Bass.

[62] Flavell, J. H., (1976), Metacognition aspects of problem solving. In L.B. Resnick (Ed.), *The nature of Intelligence*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

[63] Forthing, M. C., (1991), Current eating patterns of adolescents in the United States, *Nutrition Today*, 26 (2), 35-39.

[64] Furio-Mas, C., Calatayud M-L. & Barcenas S. L., (2007), Surveying Students' Conceptual and Procedural Knowledge of Acid–Base Behavior of Substances, *Journal of Chemical Education*, 84 (10), 1717-1724.

[65] Gilbert, J. K., (2006), On the nature of „context“ in chemical education, *International Journal of Science Education*, 28 (9), 957-976.

[66] Godin, E. A., Kwiek, N., Sikes, S. S., Halpin, M. J., Weinbaum, C. A., Burgette, L. F., Reiter, J. P. & Schwartz-Bloom, R. D., (2014), Alcohol Pharmacology Education Partnership: Using Chemistry and Biology Concepts To Educate High School Students about Alcohol, *Journal of Chemical Education*, 91, 165-172.

[67] Goldsmith, T. & Kraiger, K., (1996), Applications of structural knowledge assessment to training evaluation. In J. K. Ford, S. Kozlowski, K. Kraiger, E. Salas, & M. Teachout (Eds.), *Improving training effectiveness in work organizations*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, pp. 73-97.

- [68] Granklint Enochson, P. & Redfors, A., (2012), Students' ideas about the human body and their ability to transfer knowledge between related scenarios, *European Journal of Health and Biology Education*, 1 (1), 3-29.
- [69] Grove, N. P. & Bretz, S. L., (2012), A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 13 (3), 201-208.
- [70] Gutwill-Wise, J. P., (2001), The Impact of Context-Based Learning in Organic Chemistry Courses: An Early Evaluation, *Journal of Chemical Education*, 78 (5), 684-690.
- [71] Guyton, C. A. & Hall, E. J., (2006), *Textbook of Medical Physiology (11th Ed.)*, Philadelphia, Penn: Elsevier Inc.
- [72] Haigh, W. & Rehfeld, D., (1995), Integration of secondary mathematics and science methods courses: A model, *School Science and Mathematics*, 95 (5), 240-247.
- [73] Hargreaves A., (2005), Educational change takes ages: Life, career and generational factors in teachers' emotional responses to educational change, *Teaching and Teachers' Education*, 21, 967-983.
- [74] Hatano, G. & Inagaki, K., (1991), Sharing cognition through collective comprehension activity. In: L. Resnick, J. Levin, & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition*, Washington, DC: American Psychological Association, pp. 331-348.
- [75] Haussler, P. & Hoffmann, L., (2000), A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept, *Science Education*, 84, 689-705.
- [76] Hendricks, C. C., (2001), Teaching Causal Reasoning Through Cognitive Apprenticeship: What Are Results From Situated Learning, *Journal of Educational Research*, 94(5), 302-311.
- [77] Hughes, G., (2000), Marginalization of Socioscientific Material in Science-Technology-Society Science Curricula: Some Implications for Gender Inclusivity and Curriculum Reform, *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 426-440.
- [78] Hwang, G. J., Yang, T. C., Tsai, C. C. & Yang Stephen, J. H., (2009), A context-aware ubiquitous learning environment for conducting complex science experiments, *Computer Education*, 53 (2), 402-413.

- [79] Ivić, I., Pešikan, A. & Antić, S., (2001), *Aktivno učenje*, Institut za Psihologiju Filozofskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu.
- [80] Jacobs, H. H., (1989), *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*, Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- [81] Jimoh, A. J., (2005), Perception of difficult topics in chemistry curriculum by students in Nigeria secondary schools, *Ilorin Journal of Education*, 24, 71-78.
- [82] Jones, C., (2010), Interdisciplinary Approach-Advantages, Disadvantages, and the Future Benefits of Interdisciplinary Studies, *ESSAI*, 7, 76-81.
- [83] Jones, B. F., Rasmussen, C. M. & Moffit, M. C., (1997), *Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning*, Washington D. C.: American Psychological Association.
- [84] Key, M-B., (1998), *Students' perceptions of chemical industry; influences of course syllabi, teachers, firsthand experience*, York, UK: University of York.
- [85] Klein, J. T., (1990), *Interdisciplinarity: history, theory and practice*, Detroit: Wayne State University Press.
- [86] Kolikant, Y. B. D., Gatchell, D. W., Hirsch, P. L. & Linsenmeier. R. A., (2006), A Cognitive-Apprenticeship-Inspired Instructional Approach for Teaching Scientific Reading and Writing, *Journal of College Science Teaching*, November/December, 20-25.
- [87] Kolodner, J. L., Crismond, D., Fasse, B. B., Gray, J. T., Holbrook, J., Ryan, M. & Puntambekar, S., (2003), Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting a Learning-by-design curriculum into practice, *Journal of the Learning Sciences*, 11 (4), 495-548.
- [88] Lamanuskas, V., (2014), Science and math teachers' collaboration: How to develop it seeking pupils' success at school, *Problems of Education in the 21st century*, 62, 5-7.
- [89] Lampert, M., Rittenhouse, P. & Crumbaugh, C., (1996), Agreeing to disagree: Developing sociable mathematical discourse. In D. Olson & N. Torrance (Eds.), *Handbook of education and human development*, Oxford: Blackwell's Press, pp. 731-764.

[90] Lancaster, E. A. & Rikard, G. L., (2002), Across the curriculum: Learning through movement, *Middle School Journal*, 33 (3), 28-33.

[91] Lattuca, L. R., Voight, L. J. & Fath, K. Q., (2004), Does Interdisciplinarity Promote Learning? Theoretical Support and Researchable Questions, *The Review of Higher Education*, 28 (1), 23-48.

[92] Lave, J., (1988), *The culture of acquisition and the practice of understanding*, Report No. IRL88-0007, Palo Alto, CA: Institute for Research on Learning.

[93] Lave, J. & Wenger, E., (1991), *Situated learning: Legitimate peripheral participation*, New York: Cambridge University Press.

[94] Lepper, M. R. & Greene, D., (1979), *The hidden costs of reward*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

[95] Linnenbrink-Garcia, L., Patal, E. A. & Messersmith, E. E., (2013), Antecedents and consequences of situational interest, *British Journal of Educational Psychology*, 83 (4), 591-614.

[96] Lipson, M., Valencia, S., Wixson, K. & Peters, C., (1993), Integration and thematic teaching: Integration to improve teaching and learning, *Language Arts*, 70 (4), 252-263.

[97] Little, A. & Hoel, A., (2011), Interdisciplinary Team-Teaching: An effective method to Transform Student Attitudes, *The Journal of Effective Teaching*, 11 (1), 36-44.

[98] Mabrouk, P. A., (2007), Introducing Summer High School Student-Researchers to Ethics in Scientific Research, *Journal of Chemical Education*, 84 (6), 952-954.

[99] Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayon, M. & Hofsten, A., (2012), High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula, *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 80-92.

[100] Martella R. C., Nelson J. R., Morgan R. L. & Marchand-Martella N. E., (2013), *Understanding and Interpreting Educational Research*, New York: The Guilford Press.

[101] Mathiason, S. & Freeman, M., (1997), The logic of interdisciplinary studies, Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL (March 24-28, 1997).

Preuzeto sa <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED418434.pdf> (1/04/2016)

[102] Maurer, R. E., (1994), *Designing interdisciplinary curriculum in middle, junior high, and high schools*, Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.

[103] McComas, W., (2009), Thinking, teaching, and learning science outside the boxes, *The Science Teacher*, 76 (2), 24- 28.

[104] McGivney-Burelle, J., McGivney, K. & Wilburne, J., (2008), Re-solving the tension between interdisciplinarity and assessment: The case of mathematics. In D. Moss, T. Osborn, & D. Kaufman (Eds.), *Interdisciplinary education in the age of assessment*, New York: Routledge, pp. 71- 85.

[105] Michael, J., (2006), Where's the Evidence that Active Learning Works?, *Advances in Physiology Education*, 30 (4), 159-167.

[106] Nagle, B., (2013), Preparing High School Students for the Interdisciplinary Nature of Modern Biolog, *Life Sciences Education*, 12 (2), 144-147.

[107] Nakhleh, M. B., (1993), Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? Identifying conceptual students in general chemistry, *Journal of Chemical Education*, 70 (1), 52-55.

[108] Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Gräsel, 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.

[109] Newell, H. W., (2001), A Theory of Interdisciplinary Studies, *Issues of Integrative Studies*, 10, 1-25.

[110] Newmann, F. M., Marks, H. M. & Gamoran, A., (1995), Authentic pedagogy: Standards that boost student performance, *Issues in Restructuring Schools*, 8, 1-4.

[111] Nicklas, T. A., Johnson, C. C., Farris, R., Rice, R., Lyon, L. & Shi, R., (1997), Development of school-based nutrition intervention for high school students: Gimme 5, *American Journal of Health Promotion*, 11 (5), 315-322.

[112] Nikitina, S., (2006), Three Strategies for Interdisciplinary Teaching: Contextualizing, Conceptualizing and Problem Centring, *Journal of Curriculum Studies*, 38 (3), 251-271.

- [113] Norman, D. A., (1973), Memory, knowledge. And the answering of questions. In R. L. Solso (Ed.), *Contemporary issues in cognitive psychology: The Loyola symposium*, Washington, DC: Winston, pp. 135-165.
- [114] Novak, J. D., (2002), Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners, *Science Education*, 86 (4), 548-571.
- [115] Nowakowski, A., Campbell, R., Monson, D., Montgomery, J., Moffett, C., Acovelli, M., Schank, R. & Collins, A., (1994), Goal-based scenarios: A new approach to professional education, *Educational Technology*, 34 (9), 3-32.
- [116] Nunnally, J. C., (1978), *Psychometric theory* (2nd ed.), New York: McGraw-Hill.
- [117] Obrazovanje u Srbiji: Kako do boljih rezultata, Pravci razvoja i unapređivanja kvaliteta predškolskog, osnovnog, opšteg srednjeg i umetničkog obrazovanja i vaspitanja 2010-2020, Beograd: Nacionalni prosvetni savet.
- [118] OECD, (2009), *PISA 2009 assessment framework-Key competencies in reading, mathematics and science*, Paris: OECD Publishing.
- [119] 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, 987-993.
- [120] O'Dwyer, A. & Childs, P. E., (2011), Second-level Irish pupils'and teachers' view of difficulties in organic chemistry,  
Preuzeto sa  
[http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e\\_book/base/ebook/strand10/ebookesera2011\\_ODWYER-10.pdf](http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/strand10/ebookesera2011_ODWYER-10.pdf)  
(23/03/2017)
- [121] 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.
- [122] Özsevgeç, L. C., Artun, H. & Ünal, M., (2012), The effects of Swedish Knife Model on students' understanding of the digestive system, *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 13 (2), Article 5.

- [123] Özmen, H., (2008), Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey, *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 225-233.
- [124] Palincsar, A. S. & Brown, A. L., (1984), Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring activities, *Cognition and Instruction*, 1 (2), 117-175.
- [125] Perry-Hunnicuft, G. & Newman, I. M., (1993), Adolescent dieting practices and nutrition knowledge. Health Values, *The Journal of Health Behaviour, Education & Promotion*, 17 (4), 35-40.
- [126] Perez-Rodrigo, C. & Aranceta, J., (2001), School-based nutrition education: lessons learned and new perspectives, *Public Health Nutrition*, 4 (1a), 131-139.
- [127] Peterson, R., Treagust, D. F. & Garnett, P., (1989), Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade 11 and 12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction, *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 301-314.
- [128] Petrović, J. & Velimirović, S., (2002), *Hemija za IV razred gimnazije*, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- [129] Pilling, G., Holman, J. & Waddington, D., (2001), The Salters Experience, *Education in Chemistry*, 38 (5), 131-136.
- [130] Polya, G., (1957), *How to solve it: A new aspect of mathematical method (2nd ed.)*, Garden City, NY: Doubleday.
- [131] Probart, C., McDonnell, E., Achterberg, C. & Anger, S., (1997), Evaluation of implementation of an interdisciplinary nutrition curriculum in middle schools, *Journal of Nutrition Education*, 29 (4), 203-209.
- [132] Purković, D. i Bezjak, J., (2015), Kontekstualni pristup učenju i poučavanju u nastavi temeljnog tehničkogodgoja i obrazovanja, *Školski vjesnik*, 64 (1), 131-152.
- [133] Qin, Z., Johnson, D. W. & Johnson, R. T., (1995), Cooperative Versus Competitive Efforts and Problem Solving, *Review of Educational Research*, 65 (2), 129-143.

- [134] Quintana, C, Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D. & Soloway, E., (2004), A scaffolding design framework for software to support science inquiry, *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 337-386.
- [135] Ramsden, J. M., (1997), How does a context-based approach influence understanding of key chemical ideas at 16+?, *International Journal of Science Education*, 19 (6), 697-710.
- [136] Ratcliffe, M. & Millar, R., (2009), Teaching for understanding of science in context: Evidence from the pilot trials of the Twenty First Century Science courses, *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (8), 945-959.
- [137] Ratcliffe, M., (2002), What's difficult about A-level Chemistry?, *Education in Chemistry*, 39 (3), 76-80.
- [138] Reid, N. & Skryabina, E., (2002), Attitudes towards physics, *Research in Science and Technology Education*, 20 (10), 67-81.
- [139] Reiser, B. J., (2004), Scaffolding complex learning: The mechanisms for structuring and problematizing student work, *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273-304.
- [140] Rennie, L., Venville, G. & Wallace, J., (2012), *Knowledge that counts in the global community: Exploring the contribution of integrated curriculum*, New York, NY: Routledge.
- [141] Richards, J., Skolits, G., Burney, J., Pedigo, A. & Draughon, F. A., (2008), Validation of an interdisciplinary food safety curriculum targeted at middle school students and correlated to state educational standards, *Journal of Food Science Education*, 7 (3), 54-61.
- [142] Riskowski, J. L., Todd, C. D., Wee, B., Dark, M. & Harbor, J., (2009), Exploring the effectiveness of an interdisciplinary water resources engineering module in eighth grade science course, *International Journal of Engineering Education*, 25 (1), 181-195.
- [143] Roth, W. M. & Bowen, G. M., (1995), Knowing and interacting: A study of culture, practices, and resources in a grade 8 open-inquiry science classroom guided by a cognitive apprenticeship metaphor, *Cognition Instruction*, 13, 73-128.
- [144] Sanger, M. J., (2005), Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing, *Journal of Chemistry Education*, 82 (1), 131-134.



- [145] Sandoval, W. A. & Reiser, B. J., (2004), Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry, *Science Education*, 88, 345-372.
- [146] Scardamalia, M., Bereiter, C. & Steinbach, R., (1984), Teachability of reflective processes in written composition, *Cognitive Science*, 8, 173-190.
- [147] Schank, R. C., Fano, A., Bell, B. & Jona, M., (1994), The design of goal-based scenarios, *Journal of the Learning Sciences*, 3 (4), 305-346.
- [148] Schoenfeld, A. H., (1985), *Mathematical problem solving*, New York, NY: Academic Press.
- [149] Schommer, M., (1994), Synthesizing epistemological belief research: tentative understandings and provocative confusions, *Educational Psychology Review*, 6, 293-319.
- [150] Schon, O. A. (1983), *The reflective practitioner: How professionals think in action*, New York: Basic Books.
- [151] Schwartz, A. T., (2006), Contextualized Chemistry Education: The American experience, *International Journal of Science Education*, 28 (9), 977-998.
- [152] Schwartz-Bloom, R. D., Halpin, M. J. & Reiter, J. P., (2011), Teaching High School Chemistry in the Context of Pharmacology Helps Both Teachers and Students Learn, *Journal of Chemical Education*, 88, 744-750.
- [153] Shadish, W. R., Cook, T. D. & Campbell, D. T., (2002), *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*, Boston: Houghton Mifflin.
- [154] Shepherd, R. & Dennison, C. M., (1996), Influences on adolescent food choice, *Proceedings of the Nutrition Society*, 55 (1b), 345-357.
- [155] Smith, G. & Matthews, P., (2000), Science, technology and society in transition year: A pilot study, *Irish Educational Studies*, 19, 107-119.
- [156] Soyibo, K. M. & Evans, H. G., (2002), Effects of a cooperative learning strategy on ninth graders' understanding of human nutrition, *Australian Science Teaching Journal*, 48 (2), 32-35.
- [157] Spear, B., (1996), Adolescent growth and development. In: V. I. Rickert (Ed.), *Adolescent nutrition: Assessment and Management*, New York: Chapman & Hall, pp. 1-24.

[158] Standardi opštih međupredmetnih kompetencija za kraj srednjeg obrazovanja, (2013), Beograd: Zavod za vrednovanje kvaliteta obrazovanja i vaspitanja.

[159] Stockhausen, L. J. & Zimitat, C., (2002), New learning: Re-apprenticing the learner, *Educational Media International*, 39 (3/4), 331-338.

[160] Stojiljković, A., (2006), *Hemija za III razred gimnazije prirodno-matematičkog smera, medicinske, veterinarske i škole za negu lepote*, Beograd: Zavod za udžbenike.

[161] Strategija razvoja obrazovanja u Srbiji do 2020. godine, (2012), Službeni glasnik RS, br. 107/2012.

[162] Sullivan, R. J., (2004), *Digestion and Nutrition*, New York, NY: Chelsea House.

[163] Taber, K. S., (2014), Methodological issues in science education research: a perspective from the philosophy of science. In Matthews M. R. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Netherlands: Springer, vol. 3, pp. 1839-1893.

[164] Thomas, J., (1991), Food choices and preferences of schoolchildren, *Proceedings of the Nutrition Society*, 50 (1), 49-57.

[165] Tytler, R., (2007), *Re-imagining Science Education Engaging students in science for Australia's future*, Australian Council for Educational Research.

[166] Vaino, K., Holbrook, J. & Rannikmae, M., (2012), Stimulating students' intrinsic motivation for learning chemistry through the use of context-based learning module, *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 410-419.

[167] Van Berkel, B., Pilot, A. & Bulte, A., (2009), Micro-macro thinking in chemical education: Why and how to escape. In Gilbert J. and Treagust D. (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education*, Springer Science+Business Media B.V., vol. 4, pp. 31-54.

[168] Vygotsky, L. S., (1978), *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

- [169] Vos, M. A. J., Taconis, R., Jochems, W. M. G. & Pilot, A., (2010), Teachers implementing context-based teaching materials: a framework for case-analysis in chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 1137-1142.
- [170] Wenger, E., McDermott, R., Snyder, W. M., (2002), *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- [171] Wentworth, J. & Davis, J. R., (2002), Enhancing interdisciplinarity through team teaching. In C. Hayes, (Ed.) *Innovations in Interdisciplinary Teaching*, Oryx Press, Phoenix, AZ, pp. 16-37.
- [172] White, B. Y. & Frederiksen, J. R., (1998), Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students, *Cognition and Instruction*, 16 (1), 3-118.
- [173] White, B. Y., (1984), Designing computer games to help physics students understand Newton's laws of motion, *Cognition and Instruction*, 1 (1), 69-108.
- [174] Wicklein, R. C. & Schell, J. W., (1995), Case studies of multidisciplinary approaches to integrating mathematics, science and technology education, *Journal of Technology Education*, 6 (2), 59-76.
- [175] Wierstra, R. F. A. & Wubbels, T., (1994), Student perception and appraisal of the learning environment: Core concepts in the evaluation of the PLON physics curriculum, *Studies in Educational Evaluation*, 20 (4), 437-455.
- [176] Wierstra, R. F. A., (1984), A study on classroom environment and on cognitive and affective outcomes of the PLON-curriculum, *Studies in Educational Evaluation*, 10 (3), 273-282.
- [177] Williams, S., (1992), Putting Case-Based Instruction into Context: Examples from Legal and Medical Education, *The Journal of the Learning Sciences*, 2 (4), 367-427.
- [178] Winther, A. A. & Volk, T. L., (1994), Comparing achievement of inner-city high school students in traditional versus STS-based chemistry courses, *Journal of Chemical Education*, 71, 501-505.
- [179] Wood, D., Bruner, J. & Ross, G. (1976), The role of tutoring in problem solving, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89-100.

[180] World Health Organization, (2005), *Nutrition in Adolescence-Issues and Challenges for the Health Sector: Issues in Adolescent Health and Development*, Geneva: World Health Organization.

[181] 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.

[182] Zhou, Q., Wang, T. & Zheng, Q., (2015), Probing high school students' cognitive structures and key areas of learning difficulties on ethanoic acid using the flow map method, *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 589-602.

[183] Zoller, U., Donn, S., Wild, R. & Beckett, P., (1991), Students' versus their teachers' beliefs and positions on science/technology/society-oriented issues, *International Journal of Science Education*, 13 (1), 25-36.

[184] Zoller, U., Ebenezer, J. V., Morley, K., Paras, S., Sandberg, V. & West, C., (1990), Goal attainment in science-technology-society (S/T/S) education and reality: The case of British Columbia, *Science Education*, 74 (1), 19-36.

# БИОГРАФИЈА

Катарина Б. Путица рођена је 01. октобра 1984. године у Шапцу, Република Србија. Основну школу и гимназију природно-математичког смера завршила је у Панчеву. Хемијски факултет Универзитета у Београду, смер дипломирани биохемичар, уписала је 2003. године. Дипломирала је 25. децембра 2007. године са просечном оценом 9,53 и оценом 10 на дипломском раду. Носилац је дипломе „Ђорђе Стефановић“ као најбољи студент генерације. Године 2010. уписала је мастер студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Мастер хемије, при Катедри за наставу хемије. Поред наставе на овом студијском програму, испунила је све задатке и положила испите из предмета основних студија студијског програма професор хемије: Педагогија, Психологија, Методика наставе хемије 3 и 4. Такође, испунила је све захтеве у оквиру Школске праксе предвиђене са основне студије. Мастер студије, уз положене испите с основних студија, завршила је 09. 09. 2011. године, с просечном оценом 10,00. Докторске академске студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Хемија, уписала је у октобру 2011. године.

Од октобра 2011. године запослена је у Иновационом центру Хемијског факултета Универзитета у Београду, у оквиру пројекта основних истраживања које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја, под бројем 179048.

Кандидат, Катарина Б. Путица је коаутор 7 научних радова и 3 саопштења на скуповима националног значаја. Од тога, из дисертације су проистекла 4 научна рада и сва 3 саопштења.

# СПИСАК РАДОВА И САОПШТЕЊА

## Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

1. **Katarina Putica**, Dragica D. Trivić, Cognitive apprenticeship as a vehicle for enhancing the understanding and functionalization of organic chemistry knowledge, *Chemistry Education Research and Practice*, **17** (2016) 172-196.

## Рад у међународном часопису (M23)

2. **Katarina B. Putica**, Dragica D. Trivić, Improving high-school students' conceptual understanding and functionalization of knowledge about digestion through the application of the interdisciplinary teaching approach, *Journal of Baltic Science Education*, **16** (2017) 123-139.

## Радови објављени у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

3. **Катарина Путица**, Биљана Томашевић, Драгица Тривић, Утицај методе учења путем открића на постигнућа и мотивацију ученика у области природних наука – мета анализа истраживања, *Настава и васпитање*, **4** (2013) 602-616.

4. **Катарина Путица**, Драгица Тривић, Улога хемијских друштава у решавању образовних изазова у области хемије, *Настава и васпитање* **3** (2012) 534-550.

## Радови објављени у националном научном часопису (M53)

5. Биљана Томашевић, **Катарина Путица**, Драгица Тривић, Проверавање ученичких постигнућа у настави хемије: Истраживања и наставна пракса, *Хемијски Преглед*, **57** (2016), 99-106.

6. **Катарина Путица**, Драгица Тривић, Интердисциплинарни приступ настави природних наука, *Хемијски Преглед*, **56**(2015) 132-138.

7. **Катарина Путица**, Драгица Тривић, Когнитивни развој ученика кроз наставу хемије, *Хемијски Преглед*, **55** (2014), 18-24.

## Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини (M63)

8. **Katarina B. Putica**, Dragica D. Trivić, Da li je organska hemija bauk-stavovi učenika trećeg razreda gimnazije prirodno-matematičkog smera, *Knjiga radova Drugog naučnog simpozijuma sa međunarodnim učešćem Teorija i praksa nauke u društvu: izazovi i perspektive* (2014) 58-66.

9. **Katarina B. Putica**, Dragica D. Trivić, Unapređivanje naučne pismenosti mladih kroz kognitivno šegrtovanje, *Knjiga radova Drugog naučnog simpozijuma sa međunarodnim učešćem Teorija i praksa nauke u društvu: izazovi i perspektive*, (2014) 67-79.

10. **Katarina Putica**, Darinka Radenković, Dragica Trivić, Funkcionalizacija nastavnih sadržaja o karboksilnim kiselinama, *Knjiga radova Prvog naučnog simpozijuma sa međunarodnim učešćem Teorija i praksa nauke u društvu: od krize ka društvu znanja sa obeležavanjem 40 godina katedre za nastavu hemije*, (2012) 159-170.

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписана: Катарина Путица

број уписа \_\_\_\_\_

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**Контекстуални приступ настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

### Потпис докторанда

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Катарина Путица

Број уписа \_\_\_\_\_

Студијски програм: Доктор хемијских наука

Наслов рада: Контекстуални приступ настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера

Ментор: др Драгица Тривић, ванредни професор Хемијског факултета Универзитета у Београду

Потписана: Катарина Путица

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања 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 докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



### Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**Контекстуални приступ настави органске хемије у гимназији природно-математичког смера**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.