



'22

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

год. 63
бр. 1 (фeбруар)

YU ISSN 04406826
UDC 54.011.93



Пре 125 година
Основано је Српско
хемијско друштво



Хемијски Преглед
www.shd.org.rs/hp.htm

српско хемијско друштво

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 63

број 2
април

Editor-in-Chief
RATKO M. JANKOV
Deputy Editor-in-Chief
DRAGICA TRIVIĆ

Volume 63
NUMBER 2(April)

Publisher
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Издаје
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК
Ратко М. Јанков

ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ УРЕДНИКА
Драгица Тривић

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ
Јелена Радосављевић, Наталија Половић и Воин Петровић

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован Јовановић, Славко Кеврешан, Драган Марковић, Владимир Павловић, Радомир Саичић, Живорад Чековић (председник).

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед”, за 2022. годину износи:

- за све запослене и студенте докторских студија 2.500,00
- за професоре у основним и средњим школама1.400,00
- за пензионере, студенте основних и мастер студија, ђаке и незапослене.....1.200,00
- претплата за школе и остале институције..... 5.000,00
- за чланове и институције из иностранства. € 70

Чланарину и претплату можете уплатити на рачун СХД:
205-13815-62, позив на број 320.

Web site: <http://www.shd.org.rs/hp/>
e-mail редакције: hempred@chem.bg.ac.rs

Припрема за штампу и штампа:
РИЦ графичког инжењерства Технолошко-металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

Насловна страна и Интернет верзија часописа:
Слободан и Горан Ратковић,
RatkovicDesign www.ratkovicdesign.net
office@ratkovicdesign.net

САДРЖАЈ

ЧЛАНЦИ

Иван ГУТМАН
Ivan GUTMAN

МАЗУРИЈУМ И НИПЕНИЈУМ – ДВА ХЕМИЈСКА
ПРОМАШАЈА
*MASURIUM AND NIPPONIUM – TWO CHEMICAL
BLUNDERS* 30

Миљан БИГОВИЋ, Дамњан НУЦУЛОВИЋ, Марија
КАЛУЂЕРОВИЋ, Јована ЈОВАНОВИЋ, Невена ПРЛАИНОВИЋ
*Miljan BIGOVIĆ, Damnjan NUCULOVIĆ, Marija KALUĐEROVIĆ,
Jovana JOVANOVIĆ, Nevena PRLAINOVIĆ*

ШИФОВЕ БАЗЕ И МОЛЕКУЛСКИ ДОКИНГ
SHIFF BASES AND MOLECULAR DOCKING 34

Ненад КРСТИЋ, Луна МАРКОВИЋ, Милена РАКИЋ, Анђела
ЈОВАНОВИЋ, Славиша АНТИЋ
*Nenad KRSTIĆ, Luna MARKOVIĆ, Milena RAKIĆ, Anđela
JOVANOVIĆ, Slaviša ANTIĆ*

КАХУТ (КАНООТ!) АЛАТ КАО ДОПУНСКО СРЕДСТВО У
НАСТАВИ ПРИРОДНИХ НАУКА
*KANOOT TOOL AS A SUPPLEMENT TO NATURAL SCIENCE
TEACHING* 41

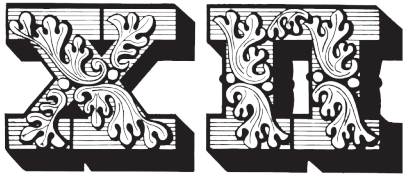
ВЕСТИ из / за ШКОЛЕ

Јелена ЛАЗАРЕВИЋ
Jelena LAZAREVIĆ

СЦЕНАРИО ЕДУКАТИВНЕ РАДИОНИЦЕ: „ФОРМУЛЕ И
НАЗИВИ АЦИКЛИЧНИХ УГЉОВОДОНИКА”
*SCENARIO OF THE EDUCATIONAL WORKSHOP: “FORMULAS
AND NAMES OF ACYCLIC HYDROCARBONS”* 48

ВЕСТИ из СХД

55. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА
ОСНОВНИХ ШКОЛА 50
56. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА
СРЕДЊИХ ШКОЛА 55
СЕДМА СРПСКА ХЕМИЈСКА ОЛИМПИЈАДА УЧЕНИКА
СРЕДЊИХ ШКОЛА 56



УВОДНИК

Чланак из историје хемије академика **Ивана ГУТ-МАНА**, са Природно-математичког факултета у Крагујевцу, односи се на потрагу за хемијским елементима атомских бројева $Z=43$ и $Z=75$. Менделеев је ове елементе означио као ека-манган и дви-манган, аданас их називамо технецијум и ренијум. У чланку „*Мазуријум и нијонијум – два хемијска њромашија*“ академик Гутман нам прича интересантну причу о истраживањима током неколико деценија с краја 19. века и почетка 20. века, о бројним грешкама и заблудама, међу којима су две највеће, и вероватно најбизарније, „откриће“ мазуријума и нијонијума.

Шифове (Schiff) базе настају кондензацијом карбонилних једињења (алдехида или кетона) са амонијаком или примарним аминима. Ова једињења своју примену налазе у различитим областима науке (хемија, биохемија, медицина, материјали). Шифове базе имају велики значај у фармацији и медицини због широког спектра њихове биолошких активности. Имају велики потенцијал да постану алтернатива за лечење разних болести за које до сада не постоји адекватна терапија. У савременим истраживањима, пре самих биолошких тестова (*in vivo* и *in vitro*), приступа се методама молекулског докинга, односно рачунарског предвиђања потенцијалних интеракција синтетисаног (чак и несинтетисаног) молекула са другим молекулом (неки други органски молекул, ензим, хормон, рецептор). Докинг постаје све важнији начин за откривање нових лекова а темељи се на проучавањима њихових интеракција са одговарајућим биомакромолекулима. **Миљан БИГОВИЋ**, **Дамњан НУЦУЛОВИЋ**, **Марија КАЛУЂЕРОВИЋ**, **Јована ЈОВАНОВИЋ** и **Невена ПРЛАИНОВИЋ** (са Природно-математичког факултета, Медицинског факултета, Металуршко-технолошког факултета Универзитета Црне Горе, Подгорица, као и са Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду) описали су у чланку „*Шифове базе и молекулски докин*“ како се ова компјутерска метода користи за предвиђање интеракције два молекула, од којих је један Шифова база, а који стварају повезани модел – комплекс.

Ненад КРСТИЋ, **Луна МАРКОВИЋ**, **Милена РАКИЋ**, **Анђела ЈОВАНОВИЋ** (Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, Департман за хемију) и **Славиша АНТИЋ** (ОШ „20. октобар“, Село Влаче) описали су коришћење ИТ алата *КАХУТА (Kahoot!)*, за учење кроз игру и као допунско средство у настави. О томе се може прочитати у чланку под насловом „*КАХУТ (Kahoot!) алај као дојунско средство у настави њприродних наука*“. У раду су детаљно дате инструкције за рад с овим алатом, корак по корак, и припремљени су квивизи из области природних наука за ученике основних (трећи, четврти, седми и осми разред) и средњих школа.

Омогућен је лак приступ сваком од презентованих квивизова, преко одговарајућег web-линка или једноставним скенирањем одговарајућег QR-кода. Рад представља добру основу за анимирање наставника и увођење новина у наставу хемије у циљу побољшање наставног процеса, као и за анимирање ученика за усвајање нових знања и вештина из природних наука кроз игру и забаву.

* * *

Рад **Јелене ЛАЗАРЕВИЋ**, студента пете године интегрисаних основних и мастер академских студија Универзитета у Београду-Хемијског факултета, представља сценарио едукативне радионице за систематизацију знања о формулама и називима ацикличних угљоводоника. Реализација радионице планирана је за ученике осмог разреда основне школе. Циљеви радионице су да ученик препознаје општу молекулску формулу алкана, алкена и алкина, и да на основу молекулских формула препознаје представнике ових класа једињења. Други циљ је да ученик даје називе и пише молекулске формуле ацикличних угљоводоника. Рад колегинице Лазаревић, под насловом „*Формуле и називи ацикличних угљоводоника*“, наћи ћете у рубрици Хемија из/за школе.

* * *

Значајно за овај број *Хемијској ѡрепегда* јесте то да је у рубрици *Вести из СХД* штампано неколико *извештаја о важним активностима Друштва током 2021. године* [Најпре, ту је детаљан извештај са 55](#). Републичког такмичења из хемије за ученике основних школа, у организацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Српског хемијског друштва, одржаног на Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду, 29. и 30. маја 2021. године.

Други извештај у рубрици *Вести из СХД* односи се на 56. Републичко такмичење из хемије ученика средњих школа у организацији Српског хемијског друштва и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Оно је одржано у Београду 8. и 9. маја 2021. Домаћин је био Хемијски факултет Универзитета у Београду.

У Београду је 4. и 5. јуна 2021. одржана седма Српска хемијска олимпијада ученика средњих школа у организацији Српског хемијског друштва, Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Хемијског факултета Универзитета у Београду, Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу и Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду. Такмичење је одржано на Хемијском факултету. Ово такмичење је истовремено било и изборно такмичење за 53. Међународну хемијску олимпијаду, која је одржана онлајн од 25. јула до 2. августа 2021. Организатор Међународне хемијске олимпијаде у 2021. је био Јапан. И извештај о овој активности СХД наћи ћете у рубрици *Вести из СХД*.

Ратко М. Јанков



ЧЛАНЦИ



Иван ГУТМАН, Природно-математички факултет Крагујевац

(e-mail: gutman@kg.ac.rs)

МАЗУРИЈУМ И НИПОНИЈУМ – ДВА ХЕМИЈСКА ПРОМАШАЈА

Чланак се односи на илустрацију за хемијским елементима атомских бројева $Z=43$ и $Z=75$, које је Менделејев означавао као ека-манган и дви-манган, а које данас називамо технецијум и ренијум. У њим илустрацијама начињене су бројне грешке. Овде ћемо говорити о две највеће, а вероватно и најдизарније, које су довеле до „открића“ мазуријума и нипонијума.

ЕКА-МАНГАН И ДВИ-МАНГАН

Када је Менделејев 1869. године изумео периодни систем елемената, он је у њему оставио празна места за елементе за које је очекивао да ће бити откривени у будућности. По томе се Менделејев разликовао од свих својих претходника, а у томе се крије и његова генијалност. Заиста, ускоро су други научници почели да „попуњавају“ празнине у периодном систему: 1875 је откривен галијум, 1879. скандијум, 1886. германијум.^{1,2,3} Особине ових елемената фрапантно добро су се слагале са оним што је предвидео Менделејев.

Постало је очигледно да на исти начин треба попунити и преостала празна места. Два таква су била у групи мангана, које је Менделејев назвао „ека-манган“ и „дви-манган“. (Данас бисмо рекли да су та два недостајућа елемента била она са атомским бројевима $Z=43$ и $Z=75$.)

Менделејев је користио санскрит, где „ека“ и „дви“ (dwi) означавају бројеве „један“ и „два“. Дакле, „ека-манган“ би био елемент први иза мангана, а „дви-манган“ елемент други иза мангана.

Током 19. века, елемент-43 је неколико пута „откриван“. Тако је 1828. изнета тврдња да је откривен „полинијум“, 1846. „илменијум“, 1847. „пелопијум“, 1877. „дејвијум“, 1896. „луцијум“. Све су то биле грешке. О њима у наставку нећемо говорити.^{1,2}

Иако је „нипонијум“ (1908) претходио „мазуријуму“ (1924), из разлога који ће бити јасни касније, прво говоримо о овом другом истраживачком подухвату.

МАЗУРИЈУМ

Да бисмо разумели како и зашто је „откривен“ мазуријум, морамо се подсетити на стање хемијске теорије у двадесетим годинама прошлог века.

Велики корак напред у схватању природе периодног систем учинио је млади британски научник Хенри Мозли (Henry Moseley, 1887-1915). Он је 1913. и 1914. године (кад је имао само 26 година) открио законитост помоћу којег се из рендгенског спектра може одредити атомски број неког хемијског елемента (дакле, његов редни број у периодном систему). Конкретно, Мозлијев закон повезује таласни број K_α линије у рендгенском спектру добијеног у рендгенској цеви са антикатодом од неког елемента, са атомским бројем тог елемента. На тај начин, помоћу рендгенских спектра могу се идентификовати поједини хемијски елементи. Приликом потраге за новим елементом, његов рендгенски спектар служи као дефинитивни доказ о томе да он заиста постоји.

Када је почео Први светски рат, Мозлију је понуђено да ради у једном војном научном институту. Он је, међутим, инсистирао да оде на фронт, што су му војне власти омогућиле. Иако ни тада (као везиста) није био у првим борбеним редовима, погинуо је од залуталог метка.

Пређимо сада у Немачку у двадесетим годинама прошлог века. Први светски рат је управо био завршен, Немачка је поражена, економски упропашћена (са огромним ратним репарацијама), и одузете су јој велики делови територије (и све колоније). Земља је била на ивици грађанског рада. Било је бројних радничких немира. Покушаји большевичке револуције гушени су у крви. Основана је нацистичка партија, а на њено чело изабран Адолф Хитлер. У марту 1920. године Хитлер је покушао да изврши државни удар.

У то и такво време, у Берлину, двоје младих хемичара, Ида Таке (Ida Tacke, касније Ida Noddack, 1896-1978) и Валтер Нодак (Walter Noddack, 1893-1960), одлучили су да открију недостајуће хемијске

элементе ека-манган и дви-манган.⁴ Тражили су их у погодно изабраним минералима (до којих су могли доћи), претпостављајући да ће ти елементи по хемијским особинама бити слични мангану.



Слика 1. Ида Таке (1896-1978), немачка хемичарка. У сарадњи са Валтером Нодаком и Отом Бергом, открила ренијум (1925). Покушала да открије елемент 43, назвавши га „мазуријум“. Године 1926. удала се за Валтера Нодака и променила презиме у Нодак. Више пута номинована за Нобелову награду, али је није добила.



Слика 2. Валтер Нодак (1893-1960), немачки хемичар. Један од откривача ренијума и мазуријума. Више пута номинован за Нобелову награду, али је није добио.



Слика 3. Ида Нодак Таке и Валтер Нодак у лабораторији.



Слика 4. Ото Берг (1873-1939), немачки хемичар. Учествовао у открићу мазуријума и ренијума. Ово је једина његова фотографија коју смо успели наћи.

Радећи упорно и систематски, Ида Таке и Валтер Нодак су хемијски обрађивали минерал колумбит, чији гавни састојци су манган, гвожђе и ниобијум. Уклањањем појединих састојака, добили су остатак чији рендгенски спектар су снимили. У овим истраживањима учествовао је и немачки хемичар Ото Берг (Otto Berg, 1873-1939).²

Нашли су линију која одговара елементу 43 !!! Било је то у јуну 1924. године.

Засновано на том експерименталном податку, Ида Таке и Валтер Нодак су трвили да су открили нови елемент. Назвали су га „мазуријум“, по Мазурској области у Источној Прусској, територији која је од Немачке одузета и укључена у Пољску. Име је свакако имало патриотске импликације, а у Немачкој су је прихватили с одушевљењем.

Преостао је задатак да се добије извесна мерљива количина мазуријума, да би се одредиле његове основне физичке и хемијске особине. Вишегодишњи напори брачног пара Нодак остали су неуспешни. Каснији развој науке, нарочито нуклеарне физике, показао је да елемент 43 у природи уопште не постоји, и да – самим тим – мазуријум

није ни могао бити „откривен“.⁵

Како су у испитиваном узорку нашли K_{α} линију елемента 43 остаје да нагађамо. Очигледно је да се радило о (ненамерној) експерименталној грешци. Она је вероватно настала због велике жеље да се докаже оно што су хтели доказати.

РЕНИЈУМ И НИПОНИЈУМ

Ида Таке, Валтер Нодак и Ото Берг су 1925. године открили Мендељејевљев дви-манган.^{1,2,6} Њихова истраживања започела су око 1922, и трајала су годинама. Полазне сировине су били (релативно јефтине) минерали које су могли набавити, конкретно колумбит, гадолинит, албит и сл. Коначно, почетком 1925. добили су узорке којима су могли снимити рендгенски спектар. Одговарајућа K_{α} -линија, која указује на присутност елемента са $Z=75$ је била лако уочљива.

Таке и Нодак су елемент назвали „ренијум“ по највећој немачкој реци Рајни (латинско име Rhenus).

За разлику од мазуријума, Таке и Нодак су постепено успели да изолују мерљиве количине ренијума из молибденита из Норвешке. Тек 1928. године имали су на располагању један грам.

Додајмо на крају да је ренијум последњи откривени хемијски елемент који има стабилне (нердиоактивне) изотопе.⁶ Касније се показало да су сва преостала празна места у периодном систему попуњена радиоактивним елементима.

Овиме би прича о открићу ренијума могла да буде завршена. Међутим, да би она била потпуна, морамо се вратити на почетак 20. века у Јапан. У то време у Јапану је радио хемичар Масагава Огава (Masagawa Ogawa, 1865-1930). Он је био један од већег броја истраживача који су трагали за ека-манганом. Године 1909. објавио је да је открио тај елемент, и назвао га је „нипонијум“, у част своје домовине Јапана (на јапанском: Nippon или Nihon). То је учинио у сарадњи са својим сином Еиџиром (Eijiro Ogawa).^{7,8}

Изгледа да Огава за своју тврдњу није пружио одговарајуће доказе. Рендгенски спектар који је снимео, није поседовао линију која одговара елементу са $Z=43$, док на слабу линију која одговара елементу са $Z=75$ није обратио пажњу. Хемичари тога времена, сматрали су (оправдано) да је Огава погрешно, и његов рад је пао у заборав. Дуго времена се Огавин непонијум помињао само као један у низу лажних открића елемента 43.

Релативно недавно, јапански хемичар Кенџи Јошихара (Kenji Joshihara) покренуо је акцију да се Огави призна приоритет у открићу ренијума.^{7,8} Иако је истина у извесној мери на његовој страни, тешко да ће у томе успети.



Слика 5. Масагава Огава (1865-1930), јапански хемичар. У сарадњи са својим сином Еиџиром, године 1909. објавио је да открио елемент 43. Остали хемичари тога времена су ту тврдњу одбацили као још једну у низу лажних открића. Много година касније показало се да су они у рукама имали елемент 75, то јест ренијум.

ШТА ЈЕ БИЛО ПОСЛЕ

Елемент атомског броја 43 назива се „технецијум”. Данас знамо да технецијума нема у природи, осим безначајних количина који настају спонтаном фисијом урана. То је зато што су сви изотопи технецијума радиоактивни, са релативно кратким временима полуживота.⁵ Ако је на нашој Земљи некада и било нешто мало технецијума, он се током времена потпуно распао.

Технецијум су 1937. године добили италијански физичари Перије и Сегре (Carlo Perrier и Emilio Segré), бомбардовање молибдена деутеронима.^{1,2} То је био први вештачки произведени хемијски елемент. Данас се технецијум производи у килограмским количинама. Примењује се у медицини, као катализатор у хемијској индустрији, у металургији и другде.⁵

Јапанци су, разуме се, незадовољни што је Осавино откриће ренијума остало непризнато и незапажено. Један, индиректан, начин да се ова неправда компензује указала се недавно, када је за елемент са атомским бројем $Z=113$ прихваћен назив „нихонијум“, што је готово идентично име као Осавин „нипонијум“.⁹

Abstract

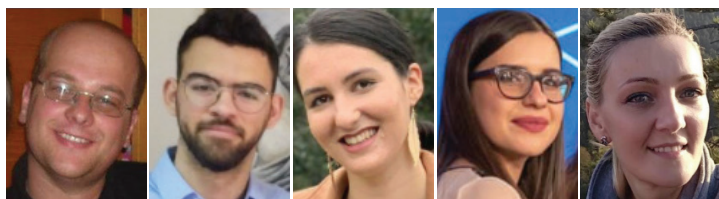
MASURIUM AND NIPPONIUM – TWO CHEMICAL BLUNDERS

Ivan Gutman, University of Kragujevac, Faculty of Science

The article is concerned with the search for chemical elements with atomic numbers $Z=43$ and $Z=75$, that Mendeleev named eka-manganese and dwi-manganese, and that nowadays are called technetium and rhenium. In these researches numerous errors have been committed. Here we outline two greatest, and probably most bizarre such blunders, that resulted in the “discovery” of masurium and nipponium..

ЛИТЕРАТУРА

1. S. Neufeldt, *Cronologie Chemie 1800-1970*, Verlag Chemie, Weinheim, 1977.
2. E. Pilgrim, *Entdeckung der Elemente*, Mundus-Verlag, Stuttgart, 1950.
3. Д. Грденић, *Повијест кимије*, Нови Либер, Загреб, 2001.
4. И. Гутман, *Кемијски елементи којих нема: мазуриј*, *Природа* 94(4) (2004) 26-27.
5. В. Јанковић, *Хемијски елементи - Глобални параметри*, Завод за удџбенике и наставна средства, Београд, 2002.
6. И. Гутман, *Посљедња два откривена кемијска елемента*, *Природа* 99(3) (2009) 50-53.
7. Н. К. Yoshihara, *Discovery of a new element “nipponium”: re-evaluation of pioneering works of Masataka Ogawa and his son Eijiro Ogawa*, *Spectrochim. Acta B* 59 (2004) 1305-1310.
8. К. Yoshihara, *Nipponium as a new element ($Z = 75$) separated by the Japanese chemist, Masataka Ogawa: a scientific and science historical re-evaluation*, *Proc. Japan Acad.* B84 (2008) 232-244.
9. И. Гутман, *Најтежи хемијски елементи добили имена*, *Хемијски преглед* 58 (2017) 2-5.



ШИФОВЕ БАЗЕ И МОЛЕКУЛСКИ ДОКИНГ

Миљан БИГОВИЋ¹, Дамњан НУЏУЛОВИЋ², Марија КАЛУЂЕРОВИЋ³, Јована ЈОВАНОВИЋ²,
Невена ПРЛАИНОВИЋ⁴

¹Природно-математички факултет Универзитета Црне Горе, Џорџа Вашингтона бб, 81 000, Подгорица), ²Медицински факултет Универзитета Црне Горе, Крушевац бб, Подгорица, ³Металуршко-технолошки факултет Универзитета Црне Горе, Џорџа Вашингтона бб, 81 000, Подгорица, ⁴Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду, Карнегијева 4, Београд

(miljan@ucg.ac.me, nuculovic98@gmail.com, marijakaludjerovic.9@gmail.com, jokicajoka1212@gmail.com, nprlainovic@tmf.bg.ac.rs)

Шифове (Schiff) базе настају кондензацијом карбонилних једињења (алдехида или кетона) са амонијаком или примарним аминима. Ова једињења своју примарну налазе у различитим областима науке (хемија, диохемија, медицина, материјали). Шифове базе имају велики значај у фармацији и медицини због широког спектра биолошких активности које посједују. Имају велики потенцијал да послужују алтернатива за лијечење разних болести за које до сада не постоји адекватна терапија. Због релативно једноставне синтезе, ова једињења су све интересанија и све чешће се користе. У савременим истраживањима, прије самих биолошких тестова (*in vivo* и *in vitro*) испитива се методама молекулског докинга, односно рачунарске предвиђања потенцијалних интеракција синтетисаној (иа чак и несинтетисаној) молекула са другим молекулом (неки други органски молекул, ензим, хормон, рецептор). Методе молекулског докинга са рецепторима предвиђају значајне изазове приликом дизајнирања нових љекова.

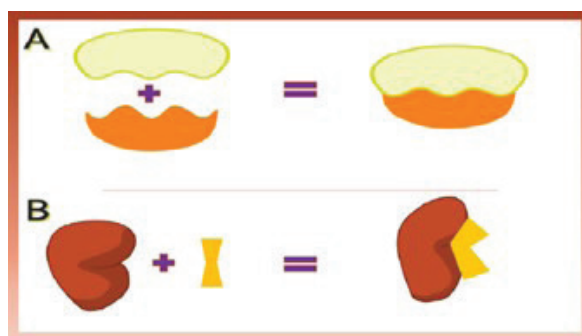
УВОД

Молекулски докинг (енгл. docking) је компјутерска метода која се користи за предвиђање интеракције два молекула која стварају повезани модел – комплекс. Докинг постаје све важнији начин за откривање нових љекова који се темељи управо на проучавањима њихових интеракција са одговарајућим биомолекулима, који посједују неку активност [1]. Приступи молекулског докинга могу се користити за моделовање интеракција између малих молекула (који се често означавају као лиганди) и протеина (рецептор, ензим), што омогућава испитивање понашања тих молекула на мјесту везивања са циљним биомолекулумом, уз разјашњавање неких фундаменталних биохемијских процеса [2]. Све чешће се (посебно са аспекта про-

учавања генетских основа болести) проучавају интеракције између малих молекула и нуклеинских киселина. Најчешће се испитују интеракције малог молекула са активним мјестом (активним центром) протеина, мада је могуће проучавање и интеракција са другим мјестима биомолекула.

Процес докинга укључује два основна корака: предвиђање оптималне конформације лиганда и његовог положаја и оријентације унутар активних мјеста молекула рецептора, као и процјену афинитета тог везивања.

У многим студијама везаним за откривање нових љекова, докинг се врши између једног малог молекула и једног макромолекула (као најчешћи примјер тога, ради се протеин-лиганд докиновање, слика 1, В). Од недавно, молекулски докинг се примјењује за предвиђање везивања између два макромолекула, на примјер протеин-протеин (слика 1, А) [3].



Слика 1. Грађење комплекса лиганд-протеин

Познавање цијелог људског генома резултира све већим бројем нових циљних мјеста дјеловања љекова при лијечењу одређених болести. Ово је посљедишно утицало и на велики напредак у проналажењу нових љекова. Истовремено, развој методологије и техника пречишћавања протеина, кристалографије и нуклеарне магнетне резонанционе спектроскопије (NMR) допринјеле

су дефинисању и објашњавању многих структурних детаља како протеина тако и комплекса протеин-лиганд [4].

Експериментални скрининг великог броја једињења у односу на панеле молекуларних циљева, тј. скрининг високог протока (HTS), представља „златни стандард“ за откривање биолошки активних једињења. У самим почецима су високи трошкови успостављања и одржавања платформи за скрининг често успоравали њихову широку употребу за откривање љекова [5]. Ипак, с обзиром на нагли развој компјутерских технологија и добијање великог броја структурних, хемијских и биолошких података, постаје јасно зашто је употреба *in silico* приступа као што су хемоинформатика, молекулско моделовање и вјештачка интелигенција (AI) значајно порасла посљедњих деценија¹. Заиста, *in silico* приступи данас омогућавају виртуелни скрининг милиона једињења у приступачном времену, чиме се смањују почетни трошкови идентификације „циљева“ и побољшање шанси за проналажење жељених кандидата за лијек. Доступне су технике моделовања за олакшавање задатака откривања љекова, а већина њих је класификована на основу приступа везаних за структуру лиганда [6-9]. Методе засноване на структури ослањају се на информације изведене из знања о тродимензионалној структури циљног макромолекула, а омогућавају рангирање база података молекула према структурним и електронским комплементарностима лиганда за дати макромолекул (мету). У овом контексту, молекулски докинг спада у једну од најпопуларнијих и најуспјешнијих метода заснованих на структури *in silico*, које помажу у предвиђању интеракција које се јављају између неког малог (најчешће) органског молекула и биолошких макромолекула. Овај процес се у општем случају постиже тако што се прво предвиди молекулска оријентација лиганда унутар рецептора, а затим се процјењује њихова комплементарност коришћењем функције бодовања [10].

ИСТОРИЈАТ

Од свог првог појављивања средином седамдесетих година прошлог вијека, докинг се показао као важан алат за помоћ у разумијевању начина на које хемијска једињења ступају у интеракцију са својим молекулским циљевима, али и за откривање, дизајн и развој нових љекова. Број студија које говоре о употреби молекулског докинга у циљу идентификације структурних детерминанти неопходних за ефикасно везивање

¹ *In silico* (lat.) су експерименти који се изводе на рачунарима или путем компјутерске симулације.

лиганд-рецептор и сам развој прецизнијих метода докинга, значајно се повећао од свог првог појављивања.

Међу првим и занимљивијим студијама о употреби докинга у откривању љекова је она објављена од стране Кунца и сарадника [11]. У овој студији, аутори су описали рачунарски метод који омогућава истраживање геометријски изводљивих поравнања на нивоу лиганд-рецептор за познате структуре хем-миоглобин/метмиоглобин и тироксин/албумин. По први пут је пријављена употреба поједностављене функције која садржи само термине „тврда сфера одбијања“ и „водонична веза“ за описивање интеракција протеин-лиганд, које су се јако разликовале од претходних студија. Штавише, аутори су први разматрали рецептор као чврсто круто тијело, чије мјесто везивања чине такозвани „дупови“. Занимљиво, усвојена метода у овој студији била је у стању да предвиди структуре блиске структурама већ пријављених комплекса (добијених експериментално, дифракцијом рендгенских зрака), и такође за проналажење протеинских конформација које би се могле користити за дизајнирање нових лиганата. Од тада, молекулски докинг је доживио значајна побољшања, на примјер, од коришћења флексибилних алгоритама у прорачунима. Почео је да се користи и за дизајн и оптимизацију једињења од терапеутског значаја. Примјер за то је студија Ринга са сарадницима [12], у којој је описано неколико метода дизајнирања љекова заснованих на структури, укључујући докинговање у циљу идентификације нових непептидних инхибитора ензима из породице протеаза. Резултати постигнути у овом раду додатно су консолидовали коришћење рачунарских метода дизајнирања љекова заснованих на структурним особеностима самог испитиваног молекула, а све у циљу развоја нових биолошки активних једињења.

ПРОЦЕС ДОКИНГА

На самом почетку цјелокупног овог процеса неопходно је имати неки од докинг софтвера, а затим утврдити (одабрати) који протеин и који лиганд ће бити коришћени. Као циљно мјесто дејства лиганда бирају се протеини из протеинске базе података (PDB), а лиганд представља хемијско једињење које желимо тестирати (које смо синтетисали, изоловали из природног извора или просто које је предмет само теоријског проучавања, а да само није ни изоловано нити синтетисано). Након проналажења циљног молекула неопходно је пронаћи активно мјесто датог протеина („дуп“). Он је мјесто везивања протеина и лиганда и мјесто на коме долази до хемијске интеракције између

протеина и лиганда. Лиганд се за њега може везати слабијим везама као што су водоничне и/или хидрофобне. Након везивања, одређује се енергија везивања и константа инхибиције које нам пружају значајне информације о потентности једињења као инхибитора датог макромолекула. Примјеном ових метода уштеде се и велико вријеме и новац у односу на раније класичне експерименталне методе испитивања биолошке активности неког новосинтетисаног или изолованог молекула. Тек када се на основу прорачуна добије индикација да би неки молекул могао имати одређену биолошку активност, креће се у експериментална изучавања.

РЕВЕРСНИ ДОКИНГ (РД)

Реверзни докинг (*engl.* reverse docking), омогућава предвиђање биолошких циљних мјеста проучаваног молекула и представља важан приступ за рачунарске циљне претраге и профилисање молекула. Доступно је неколико приступа и алгоритама за докинг који омогућавају обрнути скрининг лиганда према библиотеци протеинских структура у циљу процјене њиховог везивања. Међутим, примјена ових приступа захтјева одговарајуће (врло често богате) библиотеке циљева. Тренутно постоји неколико база података доступних за помоћ у обављању RD скрининга. Једна од најпознатијих база података за олакшавање рачунарских идентификација циља је PD², која пружа информације о структурама протеина, болести, биолошким функцијама и љековима[13]. Штавише, прилагођене библиотеке циљних молекула се могу ручно изградити на јавно доступним базама података кристалних структура и џепова за везивање, као што је Протеинска банка података (PDB), sc-PDB, Pocketome и Therapeutic Target Database (TTD). Конкретно, базе података PDB и TTD представљају добро познате и вјероватно највише коришћене резервоаре информација. Оне су развијене да помогну у олакшавању рачунарске, молекуларне и структурне биологије и да обезбиједу податке о циљним макромолекулима и болестима, респективно. Sc-PDB и Pocketome базе података су биле умјесто тога развијене за упоређивање протеинских шупљина, због бољег описивања фармакофора лиганд-протеина и за идентификацију циљних молекула путем виртуелног скрининга у џепу. Иако ове библиотеке циљева нијесу посебно развијене за претраживања могућих протеин-лиганд интеракција, оне омогућавају покривање великих структурних простора познатог протеома. Међутим, треба напоменути да је припрема оваквих библиотека дуготрајан задатак јер свака структура у базама

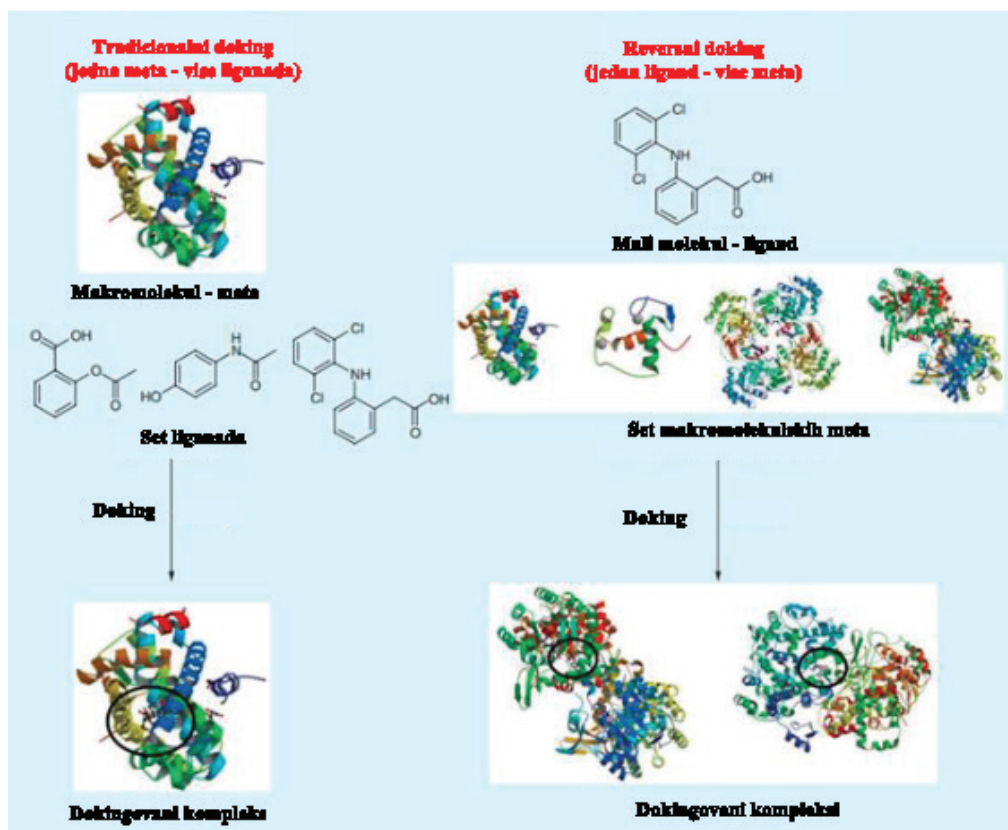
података захтјева да буде правилно припремљена за прорачуне докинга [14-16]. На слици 2 схематски је приказана разлика између метода које се користе у традиционалном докингу и у реверсном докингу [17].

Код RD скрининга, потенцијалне мете лиганда могу се рангирати према функцијама бодовања имплементираних у уобичајено коришћеним програмима какви су Glide, Autodock и други. На примјер, Парк и Чо су извршили опсежан RD скрининг на библиотеци протеина повезаних са болестима, укључујући унос из PD² за око 500 киназа, у циљу идентификације потенцијалних мета за 26 гинсенозида [18]. Гинсенозиди су активни састојци кинеске биљке гинсенга који посједују стероидну структуру, а имају јединствену биолошку активност и медицинску вриједност као што су анти туморска, антиинфламаторна, антиоксидативна, а показали су се и као добри инхибитори ћелијске апоптозе. Резултати скрининга су омогућили ауторима да идентификују потенцијалне интеракције лиганд-протеин за неке од испитиваних природних молекула као потенцијалним метама у борби против рака, као што су MEK1, EGFR и Aurora A. Занимљиво је да, иако предвиђене интеракције лиганд-протеин нијесу експериментално потврђене, пријављена је антиканцерогена активност за неке од испитиваних гинсенозида. Штавише, аутори су идентификовали потенцијалне интеракције са циљним молекулама као што су ацетилхолин-естераза, хумана карбоанхидраза II и глутамат-дехидрогеназа, које би могле бити одговорне за холинергичке нежељене ефекте и нефротоксичност.

ШИФОВЕ БАЗЕ

Под одговарајућим условима, амонијак или примарни амини могу реаговати са алдехидима или кетонима формирајући имине. Имини представљају азотне аналоге кетона и алдехида, гдје је, умјесто карбонилне групе, заступљена двострука веза угљеник – азот, а која је преко атома азота повезана са алкил- или арил- групом, што ова једињења чини изузетно стабилним. Настајање имина је реверзибилно (повратно) и већина имина се може хидролизовати назад у амин и полазно карбонилно једињење под једноставним експерименталним условима [19]. Шифове базе је први синтетисао Хуго Шиф (Hugo Schiff), италијански хемичар још 1866. године. Шифове базе су једињења која настају у живим организмима као међупроизводи бројних ензимима катализованих реакција. Те реакције су већином трансминације, трансалдолазне реакције, деградације и синтезе аминокиселина. Помажу приликом откривања

2 Potential Drug Target Database



Слика 2. Традиционални докинг и реверсни докинг

структуре биомолекула и у разумијевању биолошких процеса у живим организмима [20]. Могу се користити за имобилизацију ензима.

Због добре биолошке активности и мало изражене токсичности код виших кичмењака и људи, Шифове базе су веома занимљиве за истраживање [21]. Велики број једињења из ове групе би могли постати потенцијални кандидати за алтернативне лекове, али још увијек нијесу адекватно испитане у том смислу [22]. Бројне студије сугеришу да инкорпорација прстенова који садрже хетероатоме у близини азометинске групе, повећава потенцијал Шифових база у њиховој антитуморској, антимаљаришној, антимиљробној, антивиралној, антипролиферативној и антинеопластичној активности [23]. Поред тога, разни хемијски токсини могу се неутралисати и учинити неефикасним управо помоћу Шифових база [24].

Једна од интересантнијих области синтезе Шифових база је искоришћење тиокарбохидразида као нуклеофила (тиокарбохидразид се добија једноставним експерименталним поступком у реакцији хидразина са угљен-дисулфидом у воденој средини и уз загријавање [25]), а затим његовом реакцијом са одабраним алдехидима и кетонима [26]. У литератури већ постоји значајан број референци које се баве синтезом Шифових база из алдехида, али знатно је мање радова са

кетонима, као и са неким алдехидима и кетонима који су конститутивни дјелови етарских уља биљака (гераниал, нерал, цитрал, α -јонон и сл).

Велики број ових једињења посједује антиканцерогене [27], антиоксидативне и антимиљробне активности [28]. Како Шифове базе са тиокарбохидразидом посједују електрон-донорске групе, оне се могу понашати као лиганди и координовати јоне прелазних метала па наградити комплексна једињења, која имају још израженије антитуморске, антиоксидативне и антиканцерогене активности у односу на чисту базу, али су им најчешће, а усљед присуства јона тешког метала, израженије токсичне особине у односу на чисте Шифове базе.

ПРИМЈЕНА ДОКИНГА У СИНТЕЗИ ШИФОВИХ БАЗА КАО ИНХИБИТОРА КАРБОУАНХИДРАЗЕ

Карбоанхидраза (СА) је металопотеин-ензим који као кофактор садржи цинк и хидролизује реверзибилну хидратацију угљен-диоксида у хидрогенкарбонатни јон (HCO_3^-). У еукариотима овај ензим игра улогу у различитим физиолошким функцијама, укључујући међусобну конверзију угљен-диоксида у хидрогенкарбонат у интермедијарном метаболизму, олакшану дифузију CO_2 , рН-хомеостазу и транспорт јона. Постоји већи

број изоформи овог ензима. Карбоанхидраза СА-II садржи чврсто везан јон Zn^{2+} у свом активном мјесту. Катјон Zn^{2+} везан је са једним молекулом воде и 3 молекула хистидина. Улога цинка, као јаке Lewis-ове киселине, јесте везивање и активација молекула воде у циљу катализе реверзибилне хидратације угљен-диоксида у бикарбонатни јон [29,30], што је схематски представљено на слици 3. Молекул воде се најприје координује за јон цинка (градећи каталитичку врсту), а затим се врши депротонавање воде помоћу базе. Настаје хидроксилна група која посједује далеко израженије нуклеофилне особине у односу на молекул воде и способна је да нападне молекул CO_2 , при чему настаје карбонатни интермедијер, који се разлаже на водониккарбонат и поново се генерише хидратисани цинков прекурсор, који започиње нови каталитички циклус.

Инхибитори карбоанхидразе су познати као антиепилептички, диуретички и антиглаукомски агенси. У лијечењу глаукома у последње три деценије веома често се користе инхибитори карбоанхидразе. Инхибиција карбоанхидразе има кључну улогу у лијечењу канцера кроз смањење снабдијевања бикарбоната за синтезу нуклеотида и других ћелијских компоненти као што су на примјер мембрански липиди. Тренутно се у клиничкој пракси као терапеутици користе сљедећи инхибитори СА: ацетазоламид, дихлорофенамид, етоксоламид и метазоламид.

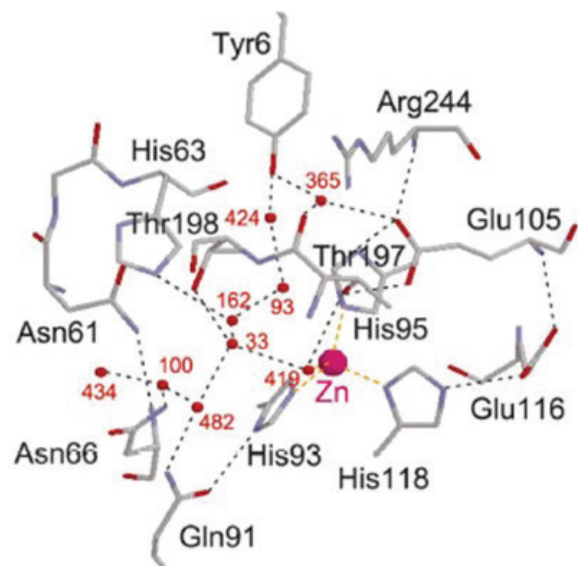
У циљу нашег докинг-тестирања коришћен је ензим сисара – говеђа карбоанхидраза. Ензим је преузет са Protein Data Bank-а, из организма *Bos Taurus*, а тродимензионална структура му је описана на основу експерименталних података, који су добијени методом дифракције X-зрака. Цјелокупна структура протеина је слична хуманој карбоанхидрази.

Тестирано једињење је симетрична Шифова база, коју смо добили експериментално. За почетно једињење коришћен је тиокарбохидрид, а као алдехид је узет *p*-нитробензалдехид. Однос

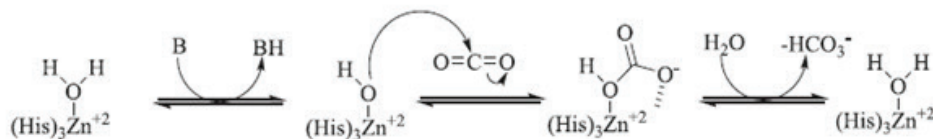
алдехида и тиокарбохидрида у синтези је био 2:1, у циљу добијања симетричне (дисупституисане) Шифове базе (симетрична Шифова база је добијена у приносу од 68%, након прекристализације из врелог етанола). Једначина реакције синтезе испитиване Шифове базе приказана је на слици 4.

Сама синтеза је једноставан експериментални поступак, који обухвата загријавање смјеше лиганда и алдехида у систему растварача етанол/вода (70:30, v/v) на тачки кључања смјеше, уз додаток каталитичке количине концентроване хлороводоничне киселине. Након загријавања у току 3 часа, реакциона смјеша се охлади и остави током ноћи да из ње искристалише производ, који се додатно пречишћава прекристализацијом из 96% етанола.

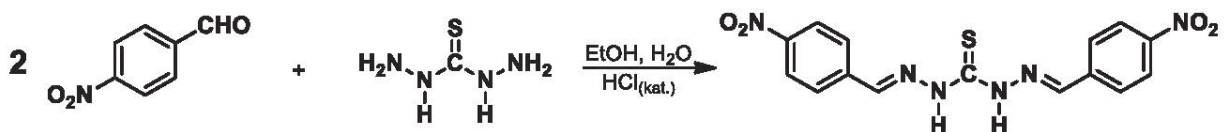
На активном мјесту ензима карбоанхидразе цинк је везан за 3 молекула хистидина: His-93, His-95 и His-118 (слика 5). Висок ниво активности је највјероватније посљедица водоничних веза у активном мјесту на рачун чега се формира секундарна протонска конекција [30].



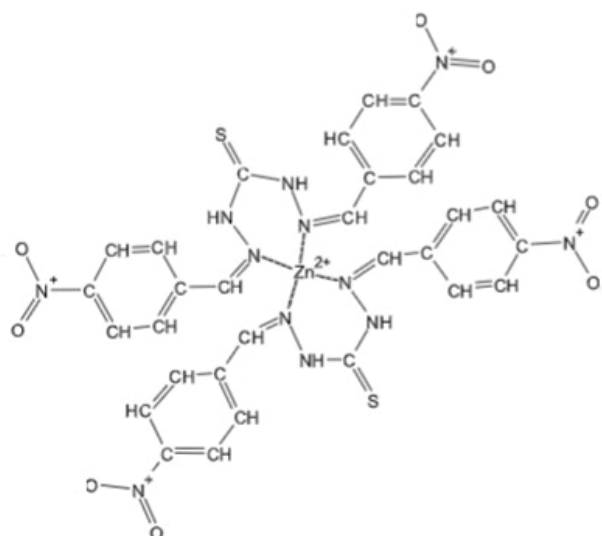
Слика 5. Активно мјесто ензима СА II



Слика 3. Цинк као катализатор у активном центру карбоанхидразе



Слика 4. Добијање симетричне Шифове базе



Слика 6. Комплексна со цинка и Шифове базе

Након везивања лиганда за активно мјесто протеина дошло је до инхибиције. Енергија везивања и константа инхибиције (K_i) су показале потентност лиганда ($E_b = -7.09$, $K_i = 6.36$). Што је K_i мања то је и енергија везивања нижа, па је потребна мања количина лиганда да би дошло до инхибиције ензима. Ако је K_i много већа од максималних концентрација лијека којима је пацијент обично изложен при типичном дозирању, онда није вјероватно да ће тај лијек инхибирати активност тог ензима.

Осим добрих биолошких својстава Шифових база, оно што их карактерише је и грађење комплекса. Грађењем комплекса са Zn^{2+} који је неопходан за дејство карбоанхидразе, додатно би се повећало таргетирање ензима, па и сам афинитет лиганда ка ензиму. Структура таквог комплекса приказана је на слици 6.

ЗАКЉУЧАК

Шифове базе су познате су по томе што се лако синтетишу из јефтиних комерцијално доступних полазних материјала. Ово је важна група органских једињења која има широку примјену у хемији материјала, индустрији, а нарочито у области медицинске хемије, гдје показују широк спектар биолошких активности (антитуморске, антиоксидативне, антимицробне). Једна од значајних особина Шифових база и њихових комплекса је посједовање антиоксидативне активности. Велики је број литературно доступних података у којима се Шифове базе са дериватима хидразина користе као терапеутици. Развојем нових рачунарских технологија, вријеме за испитивање биолошке активности неког молекула се значајно скраћује. Примјеном молекулског докинга, може се доста прецизно и релативно

брзо предвидјети да ли ће новосинтетисани молекула (или чак молекула који уопште није ни направљен) моћи да оствари интеракцију са неким специфичним протеином, рецептором и слично. На тај начин, добија се сет корисних информација које не само да могу објаснити који структурни мотиви Шифове базе улазе у интеракцију већ и да дају идеју које све врсте евентуалних интервенција би могли извршити на циљном молекулу у циљу још јаче и боље интеракције.

Abstract

SHIFF BASES AND MOLECULAR DOCKING

Miljan BIGOVIĆ¹, Damnjan NUCULOVIĆ², Marija KALUĐEROVIĆ³, Jovana JOVANOVIĆ², Nevena PRLAINOVIĆ⁴

¹Faculty for Natural sciences and Mathematics, University of Montenegro; ²Faculty for Medicine, University of Montenegro; ³Faculty for Technology and Metallurgy, University of Montenegro; ⁴ Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

Schiff bases are formed by condensation of carbonyl compounds (aldehydes or ketones) with ammonia or primary amines. These compounds find their application in various fields of science (chemistry, biochemistry, medicine, materials). Schiff bases are of great importance in pharmacy and medicine due to the wide range of biological activities they possess. They have great potential to become an alternative for the treatment of various diseases for which there is no adequate therapy so far. Due to the relatively simple synthesis, these compounds are becoming more and more interesting and are being used more and more often. In modern research, the words of biological tests (in vivo and in vitro) are approached by methods of

molecular docking, ie computer prediction of potential interactions of synthesized (and even unsynthesized) molecule with another molecule (another smaller organic molecule, enzyme, hormone). Flexible receptor molecular docking approaches are a challenge for available docking methods.

ЛИТЕРАТУРА

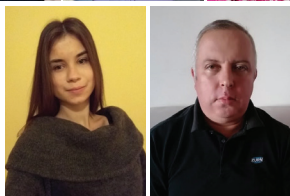
1. X. Meng, H. X. Zhang, M. Mezei, M. Cui, Molecular Docking: A powerful approach for structure-based drug discovery, *Curr. Comput. Aided. Drug. Des.*, 2011, 7(2) 146.
2. B. J. Mc Conkey, V. Sobolev, M. Edelman, The performance of current methods in ligand-protein docking, *Current Science*, 2002 (83) 845.
3. D. F. Prieto-Martínez, M. Arciniega, J. L. Medina-Franco, Molecular docking: current advances and challenges, *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 2018, 21(1) 65.
4. P. E. M. Lopes, O. Guvench, A. D. Mackerell, Current status of protein force fields for molecular dynamics simulations, *Methods in Molecular Biology*, 2015 12(15) 47.
5. G. Sliwoski, S. Kothiwale, J. Meiler, E. W. Lowe, Computational methods in drug discovery, *Pharmacol. Rev.* 2014 (66) 334.
6. S. J. Y. Macalino, V. Gosu, S. Hong, S. Choi, Role of computer-aided drug design in modern drug discovery, *Arch. Pharm. Res.* 2015 (38) 1686.
7. D. D'Agostino, A. Clematis, A. Quarati, D. Cesini, F. Chiappori, L. Milanesi, I. Merelli, Cloud Infrastructures for In Silico Drug Discovery: Economic and Practical Aspects, *Biomed. Res. Int.* 2013, 138.
8. W. L. Jorgensen, The Many Roles of Computation in Drug Discovery, *Science* 2004 (303) 1813.
9. I. M. Kapetanovic, Computer-aided drug discovery and development (CADD): In silico-chemico-biological approach, *Chem. Biol. Interact.* 2008 (171) 165.
10. D. B. Kitchen, H. Decornez, J. R. Furr, J. Bajorath, Docking and scoring in virtual screening for drug discovery: methods and applications, *Nat. Rev. Drug Discov.* 2004 (3) 935.
11. I. D. Kuntz, J. M. Blaney, S. J. Oatley, R. Langridge, T. E. Ferrin, Geometric approach to macromolecule-ligand interactions, *J. Mol. Biol.* 1982 (161) 269.
12. C. S. Ring, E. Sun, J. H. Mc Kerrow, G. K. Lee, P. J. Rosenthal, I. D. Kuntz, F. E. Cohen, Structure-based inhibitor design by using protein models for the development of antiparasitic agents, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1993 (90) 3583.
13. Z. Gao, H. Li, H. Zhang, X. Liu, L. Kang, H. Luo, W. Zhu, K. Chen, X. Wang, H. Jiang, H., PDTD: a web-accessible protein database for drug target identification, *BMC Bioinformatics*, 2008 (9) 104.
14. C. M. Song, S. J. Lim, J. C. Tong, Recent advances in computer-aided drug design, *Brief. Bioinform.* 2009 (10) 579.
15. D. E. Gloriam, Bigger is better in virtual drug screens, *Nature* 2019 (566) 193.
16. X. Xu, M. Huang, X. Zou, Docking-based inverse virtual screening: methods, applications, and challenges. *Biophys. Rep.* 2018 (4) 16.
17. P. S. Kharkar, S. Warriar, R. S. Gaud, Reverse docking: a powerful tool for drug repositioning and drug rescue, *Future Medicinal Chemistry*, 2014 6(3) 333.
18. K. Park, A. E. Cho, Using reverse docking to identify potential targets for ginsenosides, *J. Ginseng Res.* 2017 41(4) 534.
19. L.G. Wade, (2013). *Organic chemistry*, Pearson; p. 18-16; p.12-1 – 12-10
20. М. Биговић, М. Калуђеровић, Ј. Јовановић, Ј. Чамдџић, Д. Нуцуловић, Шифове базе-структура, синтеза и примјена, *Хемијски њрепег*, 2021 62 (3) 104.
21. Ј. Мађари, Синтеза, структурна, физичко - хемијска и биолошка карактеризација нових Н – хетероцикличних лгитанада и њихових комплекса са јонима прелазних метала, [докторска дисертација], Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, 2018 <http://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/10007>.
22. R. Teran, R. Guevara, J. Mora, L. Dobronski, O. Barreiro-Costa, T. Beske, J. Pérez-Barrera, R. Araya-Maturana, P. Rojas-Silva, A. Poveda, J. Heredia-Moya, Characterization of Antimicrobial, Antioxidant, and Leishmanicidal Activities of Schiff Base Derivatives of 4-Aminoantipyrene, *Molecules*, 2019 24(15) 2696.
23. A. Gümüş, V. Okumuş, S. Gümüş, Synthesis, biological evaluation of antioxidant-antibacterial activities and computational studies of novel anthracene- and pyrene-based Schiff base derivatives. *Turkish Journal of Chemistry*, 2020 44(4) 1200.
24. A. Hameed, M. Rashida, M. Uroos , A. S. Ali, M. M. Khan , Schiff bases in medicinal chemistry: a patent review (2010-2015) <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13543776.2017.1252752> [42].
25. J. Zhou, D. Wu, J. Gou, Optimization of the production of thiocarbohydrazide using the Taguchi method, *Chem. Technol. Biotechnol* 2010 (85) 1402.
26. K. Gangarapu, S. Manda, A. Jallapally, S. Thota, S. Karki, J. Balzarini, E. Clercq, H. Tokuda, Synthesis of thiocarbohydrazide and carbohydrazide derivatives as possible biologically active agents, *Med. Chem. Res.* 2014 (23) 1046.
27. A. Bozic, N. Filipovic, I. Novakovic, S. Bjelogrljic, J. Nikolic, S. Drmanic, A. Marinkovic, Synthesis, antioxidant and antimicrobial activity of carbohydrazones, *J. Serb. Chem. Soc.*, 2017 (82) 495.
28. A. Bozic, A. Marinkovic, S. Bjelogrljic, T. Todorovic, I. Cvijetic, I. Novakovic, C. Muller, N. Filipovic, Quinoline based mono- and bis-(thio)carbohydrazones: synthesis, anticancer activity in 2D and 3D cancer and cancer stem cell models, *RSC Adv.* 2016 (6) 104763.
29. S. Iqbal, M. Saleem, M. Kamran Azim, M. Taha, U. Salar, K. Mohammed Khan, S. Perveen, M. I. Choudhary, Carbohydrazones as new class of carbonic anhydrase inhibitors: Synthesis, kinetics, and ligand docking studies *Bioorganic Chemistry*, 2017 (72) 89.
30. R. Saito, T. Sato, A. Ikai, N. Tanaka, Structure of bovine carbonic anhydrase II at 1.95 Å resolution. *Acta Crystallogr. D. Biol. Crystallogr.* 2004 60(4) 792.



Ненад КРСТИЋ¹, Луна МАРКОВИЋ¹, Милена РАКИЋ¹,
Анђела ЈОВАНОВИЋ¹, Славиша АНТИЋ²

¹Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет,
Депарتمان за хемију, Вишеградска 33, 18106 Ниш, Србија;

²ОШ „20. октобар”, Село Влаче, 17501 Врање, Србија;(e-mail: nenad.krstic@pmf.edu.rs; nenad.krstic84@yahoo.com)



КАХУТ (КАНООТ!) АЛАТ КАО ДОПУНСКО СРЕДСТВО У НАСТАВИ ПРИРОДНИХ НАУКА

Кахут (Kahoot!) као један од најчешће коришћених ИТ алати (платформа) за учење кроз игру и као допунско средство у настави описано је у овом раду. Детаљно су дате инструкције за рад са овим алатом (корак по корак), и припремљени су квизови за ученике како основних (поређени, четврти, седми и осми разред) тако и средњих школа из области природних наука. Омогућен је лак приступ сваком од презентованих квизова, преко одговарајуће веб-линке или једноставним скенирањем одговарајуће QR кода. Материјал презентован у овом раду представља добру основу за анимирање наставника и увођење новина и креативности у настави у циљу побољшања наставног процеса, као и анимирање ученика за усвајање нових знања и вештина кроз игру и забаву.

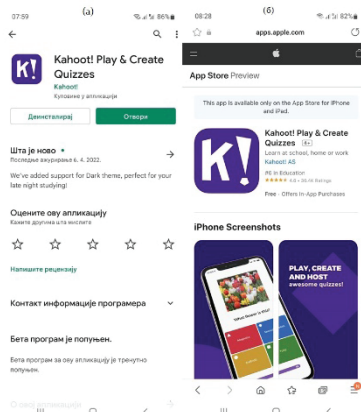
УВОД

Природне науке (хемија, физика, биологија, географија, математика) су у великој мери апстрактне науке. Искуства показују да ови предмети нису омиљени међу ученицима, вероватно због своје апстрактности, преобимности наставних планова и програма, неадекватних уџбеника, непостојања или слабе опремљености одговарајућих кабинета и лабораторија, слабе мотивисаности и ангажовања наставника, и / или незаинтересованости ученика. На основу спроведених истраживања међу ученицима средњих школа у Србији, у самом врху предмета по тежини разумевања налазе се предмети из природно-математичке групе предмета (математика, физика и хемија). [1]

Као један од већих проблема у настави природних наука могу се сматрати и предавачи, нарочито они који не прихватају новине у наставном процесу. То су предавачи који сматрају да су креда и табла незаменљиви и да се само на тај начин може допринети учењу и разумевању природних наука. Међутим, бројна истраживања су показала да настава у којој се користи само класична табла и креда више није задовољавајућа, али је је и даље неопходна и не треба је искључивати из наставног

процеса, већ је потребно комбиновати је са другим помоћним средствима наставе у циљу побољшања процеса наставе, учења и усвајања знања код деце. [2, 3]

Данас када је наука видно напредовала, треба ићи у складу са временом и у целокупној настави (не само настави природних наука) укључити лако доступна помоћна наставна средства из сфере ИТ технологије (компјутери, лаптопови, таблети, видео бимови, паметни телефони, интернет, графичке табле за писање, паметне табле идр.). Да би настава била ефикаснија уводе се нова мултимедијална наставна средства, која задовољавају и савремене дидактичко-методичке принципе реализације наставе.



Слика 1. Кахут апликација: Google Play Store (а) и App Store (б)

Циљ овог рада је да се изврши кратак преглед Кахут (Kahoot!) алата и да се прикаже начин његове употребе, као помоћног средства у настави природних наука. Ова платформа (доступна преко веб портала <https://kahoot.com>[4] и апликација за мобилне телефоне са андроид или ИОС (IOS) оперативним системом (Слика 1) може се користити као допунско средство у настави, где би ученици кроз забаву и игру тестирали своје знање, а самим тим и усвајали како нове појмове, тако и нова знања и вештине. Ова и сличне платформе могу имати велики утицај на другачији приступ настави. Са таквим средствима при извођењу наставе остварује

се већа интерактивност, ангажованост и мотивисаност код ученика, што доприноси побољшању коначних исхода учења.

КАХУТ (КАНООТ!) У НАСТАВИ

Развој нових технологија допринео је еволуцији ИТ сектора и прилагођавање истог у наставни процес. Употреба паметних уређаја (мобилни телефони, таблети идр.) омогућава побољшавање и модернизацију наставног процеса, и повећава интересовања ученика ка новим сазнањима. Учење кроз игру („gamification“ - игрице за мобилне телефоне и таблете), у облику квизова или неком другом облику, представља лако доступан методски процес с обзиром да велики број деце поседује паметне уређаје. Један од најчешће коришћених алата за овакав вид учења је Кахут. Кахут представља бесплатан алат развијен да одговори на изазове у процесу учења, повећа мотивисаност и интересовање ученика за учењем и новим сазнањима. Овај алат је стекао популарност међу наставницима због своје једноставне употребе и способности да успостави активну динамику рада у учионици. Кахут омогућава наставницима да креирају анкете, упитнике, дискусије, добијајући на тај начин повратне информације од ученика у реалном времену. Такође, Кахут омогућава наставнику да креира питања и утврђује тачан одговор, док одређује време у којем ученик треба да одговори. Питања се пројектују у учионици (видео бим, монитор, тв) и ученици на њих одговарају путем свог паметног телефона у предвиђеном времену. Свако питање показује одговарајућег победника, бодови се добијају за тачан одговор, али су скалирани према брзини којом се даје одговор, сабирају се како би се добио коначан ранг такмичара, тако да ученици имају утисак као да су на неком такмичењу (у неком квизу). На овај начин се побуђује такмичарски дух ученика, начин размишљања, повећава се концентрација и вежба моторика (давање брзих и тачних одговора кликтањем на паметном уређају). [5 - 8]

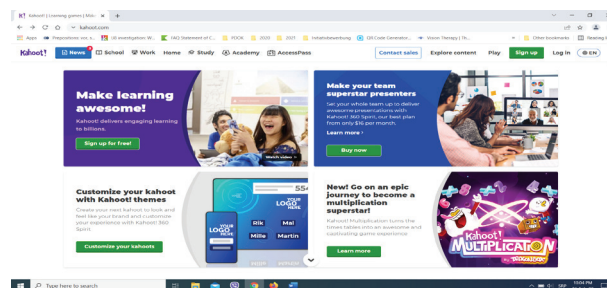
Различите студије су показале да је примењени алат Кахут ефикасан за повећање мотивације код ученика за учење хемије кроз игру и тамичење међу ученицима. [8] Истраживања су такође показала да је употреба Кахута довела до значајног повећања укупних оцена и броја ученика који су положили предмет. Употреба Кахут алата као помоћног средства у настави доводи до генералног побољшања учења и оцена ученика, и ово побољшање је било израженије међу ученицима који су постигли бољи Кахут резултат на квизу. [7] Током пилот пројекта „Упознај Србију уз помоћ научника“ (пројекат одобрен од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Републи-

ке Србије, решење број 610-00-00381/2021-07 од 10.05.2021. године, реализован у сарадњи Српске допунске наставе у дијаспори, Генералних конзулата Р. Србије у Франкфурту и Штутгарту и Природно-математичког факултета, Универзитета у Нишу) где су циљна група била деца школског узраста (1-6 разред) Српске допунске школе у покрајинама Хесен и Баден-Виртенберг (Немачка), свако едукативно предавање (било их је 3) пратио је на крају Кахут квиз. Спроведене Кахут квизове, деца су са одушевљењем прихватила и у примењеној анкети по завршетку пилот пројекта на питања везана за спроведене Кахут квизове (нпр. "Да ли им се свиђа Кахут квиз?", и сл.) 100% позитивно одговорила. [9]

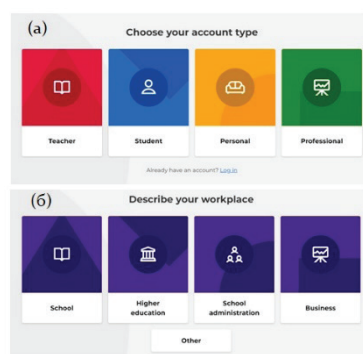
ИНСТРУКЦИЈЕ ЗА РАД СА КАХУТ-ОМ

Како приступити Кахуту?

Да би направио квиз наставник мора прво да направи свој профил на [https://kahoot.com/schools-u/\[4\]](https://kahoot.com/schools-u/[4]), кликом на дугме „Sign up“ (Слика 2). Затим је потребно одабрати тип налога који се отвара (пошто наставник отвара налог за себе, бира „Teacher“, Слика 3а) и дефинисати радно место (школа, високо образовање, школска администрација или бизнис), Слика 3б.

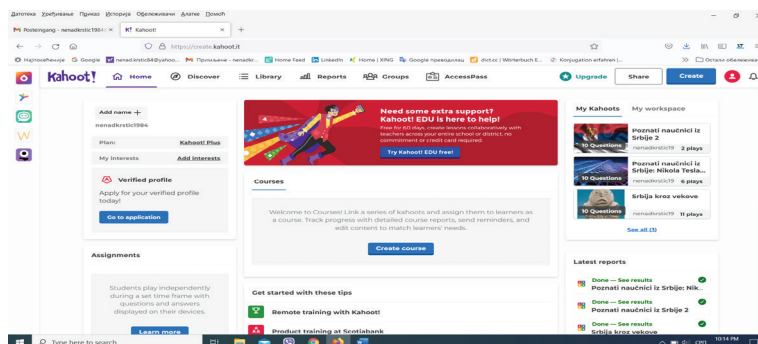


Слика 2. Изглед прве стране Кахут веб платформе



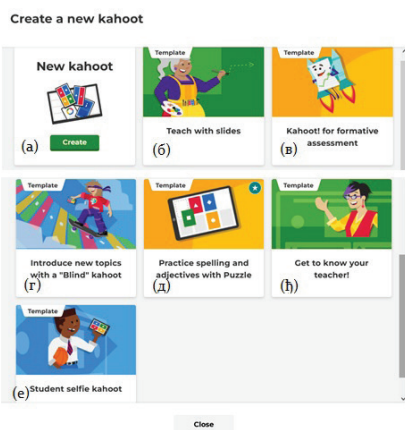
Слика 3. Одабир типа налога (а) и дефинисање радног места (б)

Када је профил направљен, да би се приступило прављењу квизова потребно је улоговати се, при чему се добија изглед екрана (интерфејс) приказан на слици 4. Како би направили квиз, потребно је кликнути на плаво дугме „Create“.



Слика 4. Интерфејс почетне стране Кахут веб платформе након логовања

Кликом на дугме „Create“ у понуди је неколико могућности које се могу искристити у процесу наставе: прављење квиза (нови Кахут – направи, Слика 5а) као и бројни други шаблони, Слика 5б-е. Поједини од понуђених сервиса нису доступни у основној (бесплатној) верзији направљеног профила, већ захтевају одговарајуће плаћање (премијум чланство), како би били доступни.



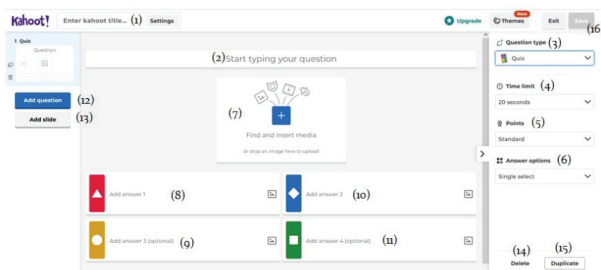
Слика 5. Шаблони за прављење нових садржаја у Кахуту: нови Кахут (а), настава преко слајдова (б) Кахут за формативно оцењивање (в), увећање нових наставних тема (г), вежбање правописа и придева помоћу Слагалице (д), упознајте свог наставника (е) и студен-тов лични Кахут (е).

Како направити квиз (игрицу) у Кахуту?

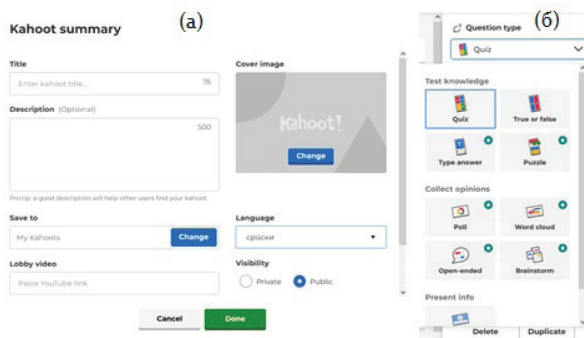
Како бисмо поједноставили објашњење интерфејса главне стране за прављење квиза, на слици 6 бројевима су означена битна поља приликом прављења квиза:

- 1) Унос наслова Кахут квиза. Кликом на дугме подешавање „Settings“ отвара се Кахут резиме „Kahoot summary“ (Слика 7а), где се може унети назив квиза „Title“, опис квиза опционо „Description(Optional)“, позадинска слика за квиз „Cover image“, а може се и одабрати локација за чување квиза „Save to“, видео „Lobby video“, језик „Language“ и доступност квиза „Visibility“ – приватан „Private“ или јавни „Public“. Када се све попуни, како би се сачувало кличне се на дугме „Done“.

- 2) Поље за унос питања „Start typing your question“.
- 3) Одабир типа питања „Question type“. Као што се може видети са Слика 7б, постоји могућност одабира типа питања као квиз „Question type“, тачно нетачно „True or false“, уписивање тачног одговора „Type answer“, слагалица „Puzzle“, и друге могућности које нису доступне у основној верзији налога. Како би све наведене опције биле доступне поребно је платити месечну или годишњу претплату за Кахут.
- 4) Време за одговарање „Time limit“, из опадајућег менија може се одабрати време за давање одговора од 5 секунди до 4 минута.
- 5) Поени „Points“ (стандардно бодовање „Standard“, дупли поени „Double points“, без поена „No points“).
- 6) Опције одговора „Answer options“ (један тачан одговор „Single select“, више тачних одговора „Multi-select“).
- 7) Одабир позадине која ће бити иза питања „Find and insert media“ (слика, ГИФ, видео, аудио).
- 8) – 11) унос понуђених одговора и означавање тачног одговора.
- 12) Додавање следећег питања „Add question“.
- 13) Додавање новог слајда „Add slide“.
- 14) Брисање „Delete“.
- 15) Дуплирање питања „Duplicate“.
- 16) Чување направљеног квиза „Save“.



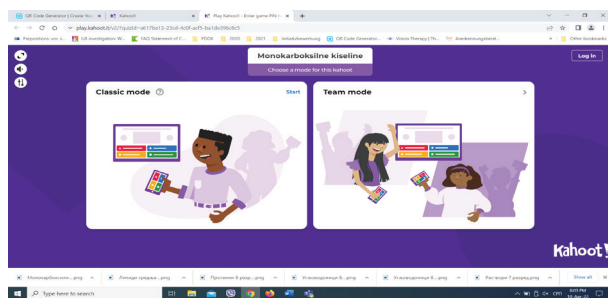
Слика 6. Изглед интерфејса за прављење квиза



Слика 7. Интерфејс Кахут резиме (а) и одабир типа питања (б)

Покретање квиза (игрице) из Кахута

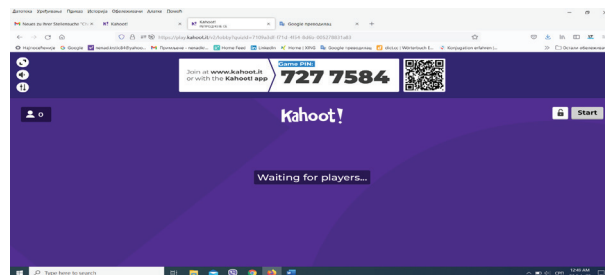
Направљен квиз се налази у делу моји Кахутови „Му Kahoots“ (Слика 4, горњи десни угао), одакле се и покреће. Уколико на профилу постоји већи број квизова, из опадајућег менија се бира жељени квиз. Одабиром жељеног квиза и кликом на дугме почни „Start“ покреће се исти. Већ направљени квизови других аутора који су доступни на Кахут платформи такође се могу покренути од стране треће особе (било да је она као гост на платформи или као регистровани члан). Покретање таквог квиза врши се преко одговарајућег линка или скенирањем QR кода паметним телефоном или таблетом, или претрагом квиза на Кахут платформи. Међутим, на Кахут платформи присутан је веома мали број квизова на српском језику који би се могли искористити уопште у настави, а поготову квизови из области природних наука. Пре почетка квиза, потребно је одабрати једну од понуђених опција класични режим рада „Classic mode“ или тимски режим рада „Team mode“. За рад са ученицима бира се класичан режим рада квиза (Слика 8).



Слика 8. Интерфејс одабира начина играња квиза

Након тога отвара се интерфејс са пином за учествовање у игри „Game PIN“, Слика 9. Овај интерфејс се дели преко видео бима, монитора, или се ученицима напише на табли. Укуцавањем овог ПИН-а на мобилном телефону (претходно је потребно да сваки ученик преузме из андроид продавнице Кахут апликацију „Kahoot!“ Play & Create Quizzes“ и инсталира исту на свом смарт телефону,

Слика 1). Такође, ученици могу приступити игрици скенирањем QR кода који се налази поред ПИН-а. Број пријављених ученика се бележи на главном екрану Слика 9.





Слика 9. Изглед главног екрана током укључивања учесника

Покретање игрице се врши кликом на дугме почетак „Start“. Током игре прати се редослед ученика на табели, они који дају најбржи тачан одговор добијају највећи број поена по одговору. Поени се сабирају и на крају се на екрану приказују победници од првог до петог места.





Као што смо већ напоменули доступност Кахут квизова на српском језику који би се могли користити као допунско средство у настави је веома мали, готово да их нема. Из тог разлога смо приступили обради ове теме, презентацији манипулације (детаљне инструкције) са Кахут алатом и направили одабране квизове. Потрудили смо се да кроз репрезентативне и одабране квизове обухватимо одабране наставне јединице у основној и средњој школи, како бисмо на тај начин анимирали наставнике да и сами касније осмишљавају квизове и унапређују наставу. За ученике од првог до четвртог разреда основне школе припремили смо два квиза за предмет Познавање природе и друштва. Овим квизовима може се приступити преко веб линкова или скенирањем QR кодова који су дати у Табели 1. Како је хемија апстрактна наука, и по тежини у врху предмета оцењених од стране ученика [1] спремили смо и квизове из предмета Хемија за ученике седмог и осмог разреда (Табела 2). За ученике средњих школа спремили смо Кахут квизове за две наставне јединице које се обрађују у гиманзијама и средњим стручним школама (Табела 3). QR кодови су урађени преко интернет странице <https://www.qr-code-generator.com/>. [10]

Наставник (као регистровани члан Кахут платформе или као гост – није потребна регистрација) може приступити неком од наведених Кахут квизова кликом на одабрани линк или скенирањем одабраног QR кода из Табеле 1, 2 или 3, при чему се добија интерфејс приказан на Слици 10а. Уколико има регистрован налог наставник приступа логовању „Log in“. Уколико наставник није регистрован члан Кахут платформе, постоји опција за регис-



Табела 1. Кахут квизови за трећи и четврти разред основне школе

Квиз 1.1		QR код1.1
<i>предмет</i>	Познавање природе и друштва [11]	
<i>разред</i>	3	
<i>назив квиза</i>	Вода и друге течности као растварачи	
<i>Кахуи линк</i>	https://create.kahoot.it/details/c7c3efdf-6522-41e8-b479-ob8cc904dba8	
Квиз 1.2		QR код1.2
<i>предмет</i>	Познавање природе и друштва [12]	
<i>разред</i>	4	
<i>назив квиза</i>	Лековите биљке	
<i>Кахуи линк</i>	https://create.kahoot.it/share/lekovite-biljke/0676d359-50a6-4e8c-81fo-b9a01909e3fi	

Табела 2. Кахут квизови за седми и осми разред основне школе

Квиз 2.1		QR код2.1
<i>предмет</i>	Хемија [13]	
<i>разред</i>	7	
<i>назив квиза</i>	Хемијска веза- јонска и ковалентна веза	
<i>Кахуи линк</i>	https://create.kahoot.it/share/hemijska-veza/d00a883e-f25c-4e83-9ac7-eba51295f802	
Квиз 2.2		QR код2.2
<i>предмет</i>	Хемија [13]	
<i>разред</i>	7	
<i>назив квиза</i>	Раствори	
<i>Кахуи линк</i>	https://create.kahoot.it/share/rastvori/085e616b-a0d4-411c-a118-04dddefdc094	
Квиз 2.3		QR код2.3
<i>предмет</i>	Хемија [14]	
<i>разред</i>	8	
<i>назив квиза</i>	Угљоводоници	
<i>Кахуи линк</i>	https://create.kahoot.it/share/ugljovodonici-organska-hemija/e9f742ab-78e7-4d01-b3fb-9161cod116af	
Квиз2.4		QR код2.4
<i>предмет</i>	Хемија [15]	
<i>разред</i>	8	
<i>назив квиза</i>	Протеини	
<i>Кахуи линк</i>	https://create.kahoot.it/share/proteini/0ebca694-7528-49d7-90bb-3747fb74c6ca	

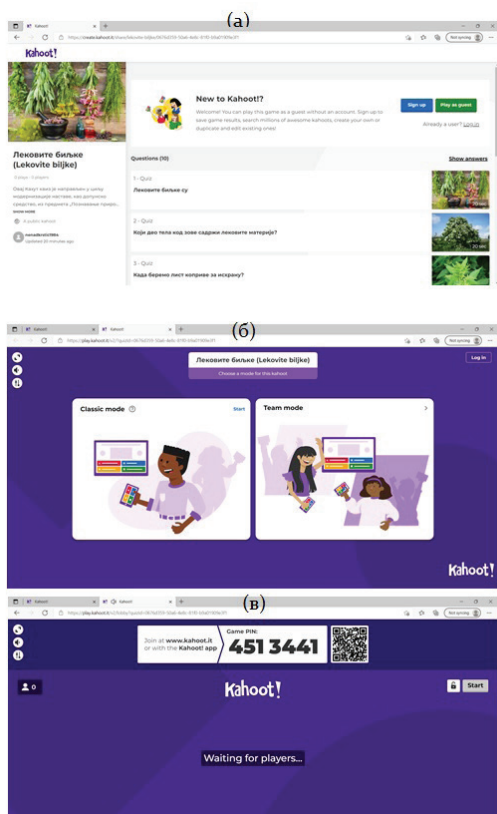
Табела 3. Кахут квизови за ученике средњих школе

Квиз 3.1		QR код3.1
предмет	Хемија[16]	
разред	*	
назив квиза	Монокарбоксилне киселине	
Кахути линк	https://create.kahoot.it/share/monokarboksilne-kiseline/a617be13-23cd-4cof-acf5-ba1de396c8c5	
Квиз 3.2		QR код3.2
предмет	Хемија[17]	
разред	*	
назив квиза	Липиди	
Кахути линк	https://create.kahoot.it/share/lipidi/d39d86e7-5a76-4800-boec-983199a3fieb	

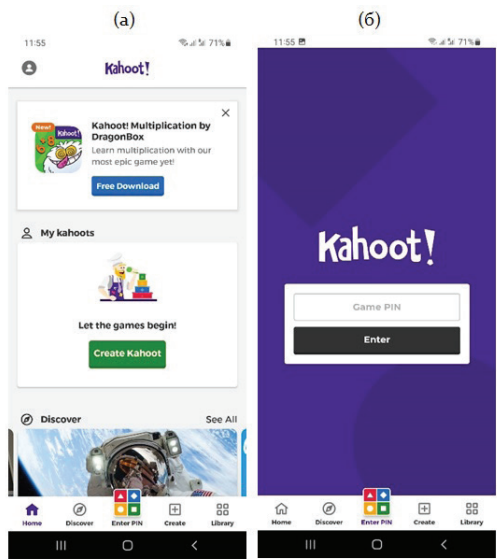
*у зависности од школе (гимназија или средња стручна школа)

трацију „Sign Up“, или може приступити квизу и као гост „Play as guest“. Како бисмо објаснили даље кораке до покретања квиза, одабрали смо приступ као гост „Play as guest“ при чему се добија интерфејс Слика 10б где бирамо у ком облику ћемо покренути квиз, класичан начин „Classic mode“ или тимски приступ такмичењу „Team mode“. Како би сваки ученик учествовао појединачно у квизу бира се класични приступ „Classic mode“ и добијамо интерфејс са присућним кодом за покретање квиза на паметним уређајима ученика (телефон, табле) где ће одговарати, слика 10в.

Број приказан на монитору (компјутера, телевизора) или пројектован преко видео бима (Слика 9) ученици укуцавају преко апликације на мобилном телефону или таблети „Enter PIN“ (Слика 11а) и уносе своје име (Слика 11б).



Слика 10. Покретање Кахут квиза од стране наставника



Слика 11. Приступ ученика квизу Кахут преко паметног уређаја

Када су се улоговали на квиз, њихова имена се приказују на монитору који им наставник презентује, и чекају да наставник покрене квиз кликом на дугме „Start“. После тога квиз креће, ученици одговарају на питања преко своји паметних уређаја, играју се, такмиче се и уче. По завршетки квиза на дисплеју (монитору) који је презентован ученицима приказује се подијум, тј. најбоље пласирани учесници квиза од првог до петог места. Рангирање ученика, побуђује такмичарски дух код ученика (јер свако тежи да буде први и најбољи), што има за последицу да следећи пут пажљивије

слушају наставу, труде се да науче више како би на следећем квизу били на подијуму. На овај начин и наставник добија повратне информације о ефикасности урађене наставе и квантитету и квалитету усвојеног градива (знања) од стране ученика.

Кахут игрице (тестови, упитници) би се могле посматрати као алтернатива традиционалном начину добијања повратне информације о ефикасности предавања, при чему уместо да наставник каже студентима шта би требало да науче, овај квиз им омогућава да покажу шта су научили.[18] Овај алат карактеришу и одређене предности, ученици га виде као забавну активност, ученици морају да размисле о ономе што су научили како би одговорили на питања, наставници могу да стекну увид у то колико су ученици разумели градиво са часова, ученицима је дозвољено да одмах добију повратне информације о свом учењу без икаквог ризика од добијања лоше оцене. [19] С` обзиром, да су због ситуације са глобалним проблемом пандемијом Ковид-19, наставници били изложени новим изазовима у задње време, у смислу адаптације за рад на даљину (*online*, комбинована настава) коришћењем различитих *online* платформа (Teams, Zoom, Googleclassroom, GoToMeeting и др.), Кахут алат се нуди као додатно средство у настави за учење кроз игру, са бенефитима како за ученике тако и за наставнике.

ЗАКЉУЧАК

Мишљења смо, да ће овај наш рад побудити интересовање код наставника како основних тако и средњих школа за увођење новина и креативности у настави, и да ће представљати добру основу како би унапредили своје часове предавања. Учење кроз игру уз коришћење савремених ИТ алата и уређаја представља једно добро допунско наставно средство за побољшање наставног процеса и усвајање нових знања и вештина код ученика. Ово је само део могућности које нуди Кахут платформа за унапређење наставе, постоје и друге и оне ће бити предмет нашег даљег истраживања.

Abstract

KAHOOT TOOL AS A SUPPLEMENT TO NATURAL SCIENCE TEACHING

Nenad KRSTIĆ, Luna MARKOVIĆ, Milena RAKIĆ, Anđela JOVANOVIĆ, Slaviša AN TIĆ

Kahoot (Kahoot!) as one of the most commonly used IT tools (platforms) for learning through play and as a supplementary tool in teaching is described in this paper. Instructions for working with this tool are given in detail (step by step), and quizzes have been prepared for students of primary (third, fourth, seventh, and eighth grade) and secondary schools in natural sciences. Easy access to each of the presented

quizzes is provided via the appropriate web link or simply scanning the appropriate QR code. The material presented in this paper is a good basis for animating teachers and introducing innovations and creativity in teaching to improve the teaching process and encourage students to acquire new knowledge and skills through play and fun.

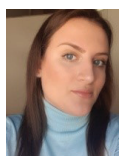
ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је урађен у оквиру Пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Број Уговора 451-03-68/2022-14/200124.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. V. Blagojević, D. A. Kostić, M. N. Stanković, D. M. Đorđević, V. D. Dimitrijević, M. G. Nikolić, N. S. Krstić (2020) Android applications as an additional tool in inorganic chemistry teaching: A short-review, *Chemia Naissensis* 3(1): 1-27.
2. D. A. Kostić, R. S. Nikolić, N. S. Krstić, M. G. Nikolić, V. D. Dimitrijević, S. Simić, (2018) Multidisciplinary approach to teaching inorganic chemistry in high school: an example of the topic of metals. *Current Science* 115: 268-273.
3. R. Nikolić, D. Kostić, N. Krstić, A. Trajković, N. Stojanović (2014) A multidisciplinary approach to teaching metals as part of the elementary school curriculum in Serbia. *The new educational review* 36(2):95-103.
4. <https://kahoot.com/schools-u/>
5. R. Dellos (2015) Kahoot! A Digital Game Resource for Learning. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning* 12: 49-52.
6. J. Murciano-Calles (2020) Use of Kahoot for Assessment in Chemistry Education: A Comparative Study. *Journal of Chemical Education* 97(11): 4209-4213.
7. A. Ana María, B. Jorge, N. María Jesús, S. Francisco Javier, B. José (2018) Results of the use of Kahoot! gamification tool in a course of Chemistry. *4th International Conference on Higher Education Advances (HEAD'18)*, Universitat Politècnica de Valencia, Valencia 1215-1222.
8. L. S. L. Purba, E. Sormin, N. Harefa, S. Sumiyati (2019) Effectiveness of use of online games kahoot! chemical to improve student learning motivation. *Jurnal Pendidikan Kimia* 11(2):57-66.
9. <https://zuov.gov.rs/upoznajmo-srbiju-i-njene-znamenitosti-uz-pomoc-naucnika-2/>
10. <https://www.qr-code-generator.com/>
11. С. Маринковић, С. Марковић, З. Нобл (2020) Природа и друштво. Уџбеник за трећи разред основне школе. Креативни центар, Београд, Србија. ISBN: 978-86-529-0770-0
12. И. Голуб, В. Радовановић-Пеневски, А. Блажић (2021) Природа и друштво. Уџбеник за четврти разред основне школе. Креативни центар, Београд, Србија. ISBN: 978-86-529-0884-4
13. М. Ранђеловић, М. Марковић, Хемија 7, уџбеник за седми разред основне школе, БИГЗ Београд.
14. М. Ранђеловић, М. Марковић, Хемија 8, уџбеник за осми разред основне школе, БИГЗ Београд.

15. Љ. Мандић, Ј. Королија, Д. Даниловић, Хемија за осми разред основне школе, Завод за уџбенике и наставна средства Београд
16. С. Рајић (2020) Хемија за други разред гимназије, Нови Логос Београд
17. Ј. Петровић, С. Велимировић (2020) Хемија за четврти разред гимназије, Завод за уџбенике и наставна средства Београд
18. S. Young, H. Nichols(2017) A reflexive evaluation of technology-enhanced learning. *Research in Learning Technology* 25:1-13.
19. B. A.Hussein (2015) A blended learning approach to teaching Project management: A model for active participation and involvement: Insights from Norway. *Education Sciences* 5(2): 104-125.



Јелена ЛАЗАРЕВИЋ,
студент пете године интегрисаних основних и мастер академских студија
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ-ХЕМИЈСКОГ ФАКУЛТЕТА
E-mail: jelena.la996@gmail.com

СЦЕНАРИО ЕДУКАТИВНЕ РАДИОНИЦЕ: „ФОРМУЛЕ И НАЗИВИ АЦИКЛИЧНИХ УГЉОВОДОНИКА”

Наставна тема: Угљоводоници

Разред: Осми

Тип часа: Систематизација

Трајање радионице: Два школска часа

Циљеви радионице:

Ученик препознаје општу молекулску формулу алкана, алкена и алкина, и на основу молекулских формула препознаје представнике ових класа једињења.

Ученик даје називе и пише молекулске формуле ацикличних угљоводоника.

Материјал потребан за едукативну радионицу: картице за формирање група (Прилог 1), картице са молекулским формулама ацикличних угљоводоника (Прилог 2), радни лист (Прилог 3)

ТОК ЕДУКАТИВНЕ РАДИОНИЦЕ:

КОРАК 1: Ученици слушају инструкцију наставника о начину рада (предвиђено време: 5 минута)

Наставник саопштава циљеве часова и објашњава шта ће ученици радити у оквиру едукативне радионице.

КОРАК 2: Ученици формирају групе (предвиђено време: 5 минута)

Ученици извлаче картице на којима пише општа молекулска формула алкана/алкена/алкина и број 1 или 2 (Прилог 1). Ученици који извуку картицу са истом општом молекулском формулом и истим бројем чине једну групу. На тај начин се формира шест група са по четири ученика (укупно 24 ученика).

КОРАК 3: Ученици читају упутство за рад и издвајају картице са молекулским формулама алкана, алкена или алкина (предвиђено време: 15 минута)

Свака група добија писано упутство за рад од наставника и по 16 картица са молекулским формулама алкана, алкена и алкина (Прилог 2). Ученици треба да издвоје картице са молекулским формулама представника оне класе једињења која одговара општој молекулској формули на картици према којој су формирали групу.

КОРАК 4: Ученици попуњавају радни лист (предвиђено време: 40 минута)

Сваки ученик из групе попуњава радни лист са табелом (Прилог 3), након што се на нивоу групе усагласе око решења. Ученици у једну колону табеле уписују молекулске формуле ацикличних угљоводоника са издвојених картица (алкана, алкена или алкина, зависно од групе којој припадају), рангирајући их по растућем броју С-атома у молекулима тих једињења. Након тога, у исту колону дописују молекулске формуле алкана, алкена или алкина тако да попуњена колона садржи молекулске формуле првих девет чланова хомологог низа алкана, алкена односно алкина. У другу колону табеле ученици пишу називе ових једињења.

КОРАК 5: Ученици формирају нове групе (предвиђено време: 5 минута)

Ученици формирају нове групе извлачењем картица на којима је написано првих осам римских бројева који у индексу имају написан број 1, 2 или 3 (нпр. I₁, I₂, I₃, II₁, II₂, II₃...). Извлачење карти-

Прилог 1: Картице за формирање група

1 C_nH_{2n+2}	1 C_nH_{2n}	1 C_nH_{2n-2}	2 C_nH_{2n+2}	2 C_nH_{2n}	2 C_nH_{2n-2}
--------------------	------------------	--------------------	--------------------	------------------	--------------------

ца се организује тако да две групе које су претходно формиране на основу формуле C_nH_{2n+2} извлаче картице са римским бројевима од I до VIII и индексом 1. Две групе које су претходно формиране на основу формуле C_nH_{2n} извлаче картице са римским бројевима од I до VIII и индексом 2 и две групе које су претходно формиране на основу формуле C_nH_{2n-2} извлаче картице са римским бројевима од I до VIII и индексом 3. Према римским бројевима се формира осам група са по три ученика (укупно 24 ученика), а у свакој новоформираној групи је по један представник из групе алкана, један из групе алкена и један из групе алкина.

КОРАК 6: Усаглашавање одговора у оквиру новоформираних група (предвиђено време: 10 минута)

Задатак ученика је да упореде и евалуирају написане одговоре у радном листу.

КОРАК 7: Извештавање (предвиђено време: 10 минута)

Након усаглашавања одговора наставник случајним избором бира једну групу чији ће чланови презентовати садржај по једне табеле. Ученици осталих група слушају презентовање и проверавају своја решења.

Прилог 3: Радни лист

У Табелу 1 упишите молекулске формуле оних ацикличних угљоводоника који одговарају општој формули на картици за формирање групе и то рангирајући их по растућем броју C-атома у молекулима. Након тога допуните колону формулама тако да она садржи молекулске формуле првих девет чланова хомологог низа одговарајуће класе ацикличних угљоводоника. У другој колони табеле напишите назив сваког једињења. На линијама напишите назив класе (алкани, алкени или алкини) којој припадају једињења чије сте формуле и називе написали.

Табела 1. Молекулске формуле и називи првих девет чланова хомологог низа _____

Молекулска формула	Назив

Прилог 2: Картице са молекулским формулама алкана, алкена и алкина

Издвојите картице са молекулским формулама представника класе једињења чија је општа молекулска формула на картици према којој сте формирали групу.

C_3H_8	C_2H_2
C_3H_6	C_9H_{20}
C_5H_{10}	C_5H_8
C_4H_6	C_8H_{16}
C_6H_{10}	C_2H_6
C_7H_{16}	C_7H_{12}
C_4H_{10}	C_6H_{12}
C_4H_8	C_3H_4

Abstract

SCENARIO OF THE EDUCATIONAL WORKSHOP: "FORMULAS AND NAMES OF ACYCLIC HYDROCARBONS"

Jelena LAZAREVIĆ, student of the integrated basic and graduate academic studies, University of Belgrade – Faculty of Chemistry

This paper presents the scenario of an educational workshop which comprises the systematization of knowledge about formulas and names of acyclic hydrocarbons. The realization of the workshop is planned for the eight grade primary school students.



55. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА

Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа у организацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Српског хемијског друштва одржано је на Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду 29. и 30. маја 2021. године. Из епидемијских разлога, за републичко такмичење није приређено отварање, као ни активности за менторе попут стручних и популарних предавања. Упркос томе, такмичење је протекло у пријатној атмосфери и без било каквих нерегуларности. Награде за најуспешније такмичаре је обезбедило Српско хемијско друштво.

На такмичењу је учествовало укупно 133 ученика; у категорији Тест и практична вежба за ученике седмог разреда учествовало је 70 ученика, у категорији Тест и практична вежба за ученике осмог разреда 59 ученика, а у категорији Тест и истраживачки рад за ученике седмог и осмог разреда 4 ученика. Првог дана такмичења сви ученици су решавали тест. У категорији Тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда један ученик је стекао право на одбрану истраживачког рада. За израду практичне вежбе пласирало се 22 ученика седмог и 17 ученика осмог разреда.

Републичку комисију која је била задужена за припрему такмичења чинили су: Видак Раичевић, проф. др Душица Родић, проф. др Нико Радуловић, доц. др Мирјана Радановић и доц. др Саша Хорват. Такмичење је реализовано и уз помоћ многобројних наставника и истраживача Департамента за хемију, биохемију и заштиту животне средине, који су организацији дали значајан допринос.

Постигнути су одлични резултати, захваљујући добром раду такмичара и ментора. Церемонији затварања присуствовао је др Милан Пашић, помоћник министра за предшколско и основно образовање и васпитање, који је уједно уручио дипломе Министарства просвете, науке и технолошког развоја победницима такмичења. Дипломе Српског хемијског друштва ученицима уручили су проф. др Весна Мишковић Станковић,

претходни председник Друштва, и проф. др Душан Сладић, претходни потпредседник и тренутни председник Друштва.

Такмичарски циклус школске 2020/2021. године одиграо се под околностима наслеђеним из претходне школске године, када републичка такмичења нису ни одржана услед поремећаја у образовном систему које је изазвала епидемија заразне болести COVID-19. Вреди напоменути да се 2020. године по први пут после 1999. и НАТО бомбардовања догодило да републичко такмичење из хемије није одржано. Такмичења из хемије на свим нивоима (општинско, окружно, републичко) 2021. године одржана су пратећи препоруке Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Института за јавно здравље „Др Милан Јовановић Батут”. Кршећи ове препоруке, општински активни наставника хемије Трстеника, Алексинца и Аранђеловца онемогућили су својим ђацима учешће одлучивши да бојкотију општинско такмичење. Прилика да учествују у такмичарском циклусу неоправдано је одузета ђацима у школама на територији општине Врбас, где је општински Штаб за ванредне ситуације супротно препорукама Министарства забранио спровођење такмичења. Још једна потешкоћа присутна у овом такмичарском циклусу наступила је услед преклапања републичких такмичења из хемије, физике и српског језика; у сарадњи Српског хемијског друштва, Друштва физичара Србије и Друштва за српски језик и књижевност Србије, пронађено је решење за ученике који су се пласирали на више републичких такмичења истовремено тако што им је омогућено да тестове из физике и српског језика полажу на Природно-математичком факултету у Новом Саду.

Наводимо списак награђених и похваљених ученика у свим такмичарским категоријама, називе школа и места из којих су дошли, као и имена ментора који су припремили ученике за ово такмичење.

Категорија: тест и практична вежба за ученике 7. разреда

Р.Б.	Презиме и име ученика	Школа	Место	Презиме и име наставника	Награда
1	Дробњаковић Андреј	Краљ Александар I	Београд	Јовић Гордана	I
2	Ђорђић Лана	Кадињача	Лозница	Павловић Јелена	I
3	Митровић Лана	Доситеј Обрадовић	Ђићевац	Арсенијевић Виолета	I
4	Батањац Михаило	Ратко Вукићевић	Ниш	Томић Данијела	II
4	Сретеновић Анђела	14. октобар	Барич	Новитовић Маријана	II
6	Вуковић Соња	Карађорђе	Београд	Илић Јанковић Снежана	II
7	Јојић Марко	Аврам Мразовић	Сомбор	Кнежевић Драгослав	II
8	Јешић Милан	Драгомир Марковић	Крушевац	Јокић Горица	III
8	Младеновић Даница	Михајло Пупин	Земун	Милинковић Ана	III
10	Петровић Давид	Вук Караџић	Пожаревац	Петровић Срђан	III
11	Иђушки Вељко	Аврам Мразовић	Сомбор	Кнежевић Драгослав	III
12	Нинковић Сава	Јанко Веселиновић	Шабац	Хрепић Пајић Владимира	III
13	Јовановић Коља	Владислав Рибникар	Београд	Ивановић Наташа	III
14	Кецман Алекса	Младост	Београд	Муцић Јелена	III
15	Црномарковић Стефан	14. октобар	Барич	Новитовић Маријана	III
16	Живковић Ива	Математичка гимназија	Београд	Јоцић Светлана	III
17	Рудко Андреј	14. октобар	Барич	Новитовић Маријана	
18	Јовановић Настасја	Мајка Југовића	Земун	Ракић Гордана	
19	Обрадовић Милић	Веселин Маслеша	Београд	Вуковић Љиљана	
20	Керечки Филип	Светозар Марковић	Краљево	Божовић Љиљана	
21	Саламун Андреј	Марко Орешковић	Београд	Богојевић Мира	
22	Дељанин Лара	Данило Киш	Београд	Стојисављевић Вера	
23	Мирковић Новак	Вук Караџић	Неготин	Пејчић Мирко	
24	Пењишевић Ања	Данило Киш	Вождовац	Стојисављевић Вера	
24	Лазих Алекса	Никола Тесла	Београд	Марина Ботуњац	
26	Јаковљевић Урош	Жарко Зрењанин	Нови Сад	Салатић Данијела	
27	Данковић Лана	Радоје Домановић	Ниш	Пешић Сања	
28	Степанов Алекса	Соња Маринковић	Нови Сад	Бабић Маријана	
29	Ђокић Николина	Ђура Даничић	Београд	Стојисављевић Вера	
29	Ињац Андреј	Тврђава	Петроварадин	Милошевић Гордана	
31	Божић Алиса	Јован Поповић	Сремска Митровица	Говорчић Данијела	
31	Николић Ивана	Горан Остојић	Јагодина	Лапчевић Снежана	
31	Вукићевић Коста	Стеван Дукић	Београд	Лазих Љиљана	
34	Милојевић Вељко	Јован Јовановић Змај	Свилајнац	Зарков Љубинка	
34	Радовановић Дуња	Дуле Караклајић	Лазаревац	Глигић Рада	
36	Ђурић Вања	Др Бошко Вребалов	Меленци	Аготић Тања	

36	Радмановац Сања	Јован Јовановић Змај	Брус	Крпић Слађана	
38	Петровић Теодора	Михајло Пупин	Земун	Милинковић Ана	
39	Недић Тара	Вук Караџић	Чачак	Станојевић Ивана	
39	Станић Кристина	Филип Филиповић	Чачак	Машковић Павле	
39	Карић Иван	Живојин Перић	Стублине	Вујић Невена	
42	Станојевић Вукашин	Бора Станковић	Губеревац	Маринковић Виолета	
43	Милорадовић Марта	Филип Филиповић	Чачак	Машковић Павле	
44	Хаџи-Пурић Василије	Бранко Радичевић	Земун	Јанковић Аница	
45	Глишовић Ива	Прва крагујевачка гимназија	Крагујевац	Симић Сања	
46	Марић Илијана	Танаско Рајић	Чачак	Лукић Слађана	
46	Радаков Амина	Кизур Иштван	Суботица	Чанади Силвија	
46	Шевић Софија	Доситеј Обрадовић	Нови Сад	Совиљ Слађана	
49	Ристић Никола	Вук Караџић	Сурдулица	Антић Биљана	
50	Станојевић Миљана	Димитрије Тодоровић Каплар	Књажевац	Алексић Марија	
50	Јанковић Михаило	Јанко Веселиновић	Шабац	Хрепић Пајић Владимира	
50	Ђировић Бојана	Филип Филиповић	Чачак	Машковић Павле	
50	Лучић Ленка	Коста Ђукић	Младеновац	Вујаковић Драженка	
54	Михаиловић Алексија	17. октобар	Јагодина	Радосављевић Јасна	
55	Чанади Петра	Јован Јовановић Змај	Кањижа	Мајор Јожеф	
56	Мицевски Алекса	Свети Сава	Панчево	Живојнов Јованка	
57	Банковић Ања	Вук Караџић	Србобран	Радованов Исидора	
57	Станојковић Сара	Филип Филиповић	Чачак	Машковић Павле	
59	Ничић Милица	Вук Караџић	Врање	Пешић Александра	
60	Караичић Бојана	Душан Јерковић	Ужице	Арсовић Брана	
61	Рончевић Аља	Милош Црњански	Нови Сад	Јездимировић Драгица	
62	Пешић Јовица	Десанка Максимовић	Косовска Каменица	Михајловић Стефан	
62	Гојковић Мина	Филип Филиповић	Чачак	Машковић Павле	
64	Мирић Немања	Миладин Митић	Лапље Село	Ристић Наташа	
65	Радосављевић Бошко	Лепосавић	Лепосавић	Гвозденовић Миланка	
66	Радисављевић Милица	Сава Керковић	Љиг	Радисављевић Данијела	
67	Благојевић Огњен	Вук Караџић	Сочаница	Богдановић Зорица	
67	Ристић Тамара	Дринка Павловић	Куршумлија	Вукашиновић Мирјана	
69	Доватов Милан	Бранко Ђопић	Београд	Михајловић Маринковић Весна	
70	Чукић Николија	Др Јован Цвијић	Смедерево	Крунић Ненад	

Категорија: тест и практична вежба за ученике 8. разреда

Р.Б.	Презиме и име ученика	Школа	Место	Презиме и име наставника	Награда
1	Младеновић Урош	Јован Јовановић Змај	Крушевац	Дубовац Слађана	I
2	Вучетић Миа	Ђирило и Методије	Београд	Јанковић Жељко	I
3	Коруѓа Урош	Здравко Гложански	Бечеј	Молнар Роланд	I
4	Митић Павле	Иван Горан Ковачић	Нишка Бања	Мишић Снежана	I
5	Шијачић Душан	Никола Вукићевић	Сомбор	Зурковић Јелена	I
6	Коловић Илија	Бранко Радичевић	Београд	Павловић Смиљана	I
7	Недељковић Андреј	Гимназија Светозар Марковић	Ниш	Атанасковић Наташа	I
8	Милутиновић Огњен	Доситеј Обрадовић	Клупци	Радић Јања	I
9	Златановић Страхиња	Радоје Домановић	Врање	Стевановић Љиљана	I
9	Петрић Алекса	Соња Маринковић	Нови Сад	Велимировић Соња	I
11	Цветков Федор	Јован Поповић	Нови Сад	Велимировић Соња	II
12	Боја Огњен	Јован Поповић	Нови Сад	Велимировић Соња	II
13	Ликар Никола	Никола Тесла	Београд	Ботуњац Марина	II
14	Марић Јања	Јосиф Панчић	Београд	Ранђеловић Миомир	II
15	Марковић Мила	Синиша Јанић	Власотинце	Калинић Милан	II
15	Будић Нађа	Карађорђе	Београд	Илић-Јанковић Снежана	II
17	Јовичић Ђорђе	Моше Пијаде	Жагубица	Јовкић Никола	II
18	Перић Матија	Радоје Домановић	Београд	Вулић Ива	
19	Певач Сергеј	Жарко Зрењанин	Нови Сад	Салатић Данијела	
20	Новаковић Јана	Сава Шумановић	Земун	Стевановић Небојша	
21	Петровић Алексеј	Милош Црњански	Београд	Алексић Татјана	
21	Матовић Лара	Душан Јерковић	Инђија	Дошен Николина	
23	Дражин Теодора	Јован Јовановић Змај	Сремска Митровица	Туцаковић Соња	
24	Митровић Марија	Владислав Рибникар	Београд	Ивановић Наташа	
25	Костић Лука	Дуле Караклајић	Лазаревац	Глигић Рада	
26	Врачар Даниела	Математичка гимназија	Београд	Јоцић Светлана	
27	Јевтић Олга	Соња Маринковић	Суботица	Ђурић Жељка	
28	Тотић Ивана	Ослободиоци Београда	Београд	Ракић Гордана	
29	Ђорђевић Вук	Старина Новак	Београд	Јоцић Светлана	
30	Манчић Христина	Вук Караџић	Пирот	Пејић Гордана	
30	Мишић Теодора	Вук Караџић	Књажевац	Минић Далиборка	
32	Ристић Данијел	Др Јован Цвијић	Смедерево	Крунић Ненад	
33	Поповић Андреј	Ђура Јакшић	Кикинда	Војводић Лела	
34	Костић Ксенија	Синиша Јанић	Власотинце	Калинић Милан	
34	Живковић Илија	Др Јован Цвијић	Смедерево	Крунић Ненад	
34	Кнежевић Ана	Никола Вукићевић	Сомбор	Зурковић Јелена	
37	Кривокапић Сандра	Јелена Ђетковић	Београд	Геџић Александра	

38	Петровић Дуња	9. октобар	Прокупље	Цонић Душица	
38	Ђирић Катарина	Бранко Радичевић	Београд	Смиљана Павловић	
40	Карановић Илија	Вук Караџић	Неготин	Пејчић Мирко	
40	Станковић Матеја	Ђура Јакшић	Ђуприја	Ђорђевић Анкица	
42	Савић Теодора	Бранислав Нушић	Београд	Рађеновић Весела	
43	Илић Јована	Иван Горан Ковачић	Београд	Тадић Биљана	
44	Николић Ива	Деспот Стефан Високи	Деспотовац	Снежана Петровић	
45	Ивезић Ивона	Филип Кљајић Фића	Београд	Милићевић Мирјана	
46	Ранковић Угљеша	ОВЦ „Осечина”	Осечина	Гладовић Славица	
47	Ђуракић Павле	Филип Филиповић	Чачак	Машковић Павле	
48	Марков Катарина	Бранко Радичевић	Панчево	Жебељан Ратков Данијела	
48	Андрић Војислав	Математичка гимназија	Београд	Јоцић Светлана	
50	Павловић Ђорђе	Стана Бачанин	Лешак	Богдановић Зорица	
51	Имброшевић Иван	Петар Петровић Његош	Зрењанин	Љујић Оливера	
52	Вучинић Сташа	IV краљевачки батаљон	Краљево	Керечки Светлана	
53	Пуциникић Ана	Вук Караџић	Кладово	Стаменковић Ирена	
54	Пушоњић Марко	Филип Филиповић	Чачак	Машковић Павле	
55	Круљ Петар	Филип Филиповић	Чачак	Машковић Павле	
56	Бранковић Лука	Карађорђе	Београд	Илић-Јанковић Снежана	
57	Мајсторовић Јована	Милош Црњански	Српски Итебеј	Дробњак Маристела	
58	Миљковић Анђела	Миладин Митић	Лапље Село	Ристић Наташа	
58	Гвоздић Страхиња	Вук Караџић	Звечан	Вучковић Кристина	

Категорија: тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда

Р.Б.	Презиме и име ученика	Школа	Место	Презиме и име наставника	Награда
1	Младеновић Гаврило	Петар Кочић	Земун	Панајотовић Борка	I
*	Булић Милош	Др Јован Цвијић	Зрењанин	Ракита Александар	
*	Здравковић Наталија	Стефан Немања	Ниш	Стојановић Нена	
*	Јовановић Миа	Мирко Јовановић	Крагујевац	Миљковић Биљана	

*Ученик или ученица нису стекли услов за рангирање.

Нови Сад, 31. мај 2021. године

Председник Републичке комисије,
Видак Раичевић

56. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА

У Београду је 8. и 9. маја 2021. одржано LVI републичко такмичење из хемије ученика средњих школа у организацији Српског хемијског друштва и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Домаћин је био Хемијски факултет Универзитета у Београду. Такмичење је у потпуности успело и протекло је у пријатној атмосфери, уз придржавање епидемиолошких мера. Награде за најуспешније такмичаре је обезбедило Српско хемијско друштво.

У категорији Тест и експерименталне вежбе је учествовало 30 ученика I разреда, 28 ученика II разреда и 46 ученика III и IV разреда. У категорији Тест и самостални истраживачки рад учествовала су 2 ученика III и IV разреда. У припреми и жирију такмичења били су ангажовани: др Душан Сладић, др Нико Радуловић, Видак Раичевић,

др Ирена Новаковић, др Александра Маргетић, др Ђенђи Ваштаг, др Јелена Мутић, др Константин Илијевић, др Гордана Крстић, Срђан Туфегџић, Милош Пешићи Филип Ђурковић. Упркос нерегуларним условима у настави, постигнути су одлични резултати, захваљујући добром раду такмичара и ментора. На такмичењу је одабрана и група такмичара за Српску хемијску олимпијаду. Пласирало се десет првопласираних такмичара из III и IV разреда у категорији тест и експерименталне вежбе, као и два првопласирана такмичара из II разреда у истој категорији. Наводимо списак награђених и похваљених ученика у свим такмичарским категоријама, називе школа и места из којих су дошли, као и имена ментора који су припремили ученике за ово такмичење.

I разред - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Вук Живковић	Гимназија	Зајечар	Славица Бајовић	I
2.	Сандра Трајковић	V београдска гимназија	Београд	Аница Салом	I
3.	Љиљана Кољевић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	I
4.	Лазар Лазаревић	Ваљевска гимназија	Ваљево	Славица Милић	II
5.	Бранислав Давидовић	XIII београдска гимназија	Београд	Оливера Јеленковић	II
6.	Ђорђе Стефановић	Гимназија „Вук Караџић“	Трстеник	Милена Величковић	III
7.	Лазар Спаић	V београдска гимназија	Београд	Аница Салом	III
8.	Михајло Матовић	Гимназија	Неготин	Оливера Негојићић Златковић	III

II разред - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Дуња Вуковић	Гимназија „Јован Јовановић Змај“	Нови Сад	Дејан Радовановић	I
2.	Ђорђе Паројчић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	II
3.	Јана Војводић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	III
4.	Урош Полексић	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	III
5.	Марк Можаровски	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	похвалница
6.	Иван Покорник	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	похвалница

III и IV разред - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Јован Марковић	Гимназија	Крушевац	Марица Грчак	I
2.	Лазар Савић	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	II
3.	Василије Пантелић	XIV београдска гимназија	Београд	Наташа Диздаревић	III
4.	Димитрије Глигоровски	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	похвалница
5.	Маја Маљковић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	похвалница
6.	Невена Стојковић	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	похвалница

СЕДМА СРПСКА ХЕМИЈСКА ОЛИМПИЈАДА УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА

У Београду је од 4. и 5. јуна 2021. одржана седма Српска хемијска олимпијада ученика средњих школа у организацији Српског хемијског друштва, Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Хемијског факултета Универзитета у Београду, Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу и Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду. Такмичење је одржано на Хемијском факултету. Ово такмичење је истовремено и изборно такмичење за 53. Међународну хемијску олимпијаду, која ће бити одржана онлајн од 25. јула до 2. августа. Организатор Међународне хемијске олимпијаде је Јапан.

Такмичење се састојало од осам теоријских задатака. Израда теста је трајала 5 сати, као и на Међународној хемијској олимпијади. У припреми и реализацији такмичења су учествовали: др Душан Сладић, др Нико Радуловић, Видак Раичевић, др Ирена Новаковић, др Александра Маргетић, др Гордана Крстић, Срђан Туфегџић и Милош Пешић.

Учествовало је 12 такмичара, који су се квалификовали на основу резултата постигнутих на републичком такмичењу. Наводимо награђене

и похваљене такмичаре, као и њихове менторе. На међународну хемијску олимпијаду су се пласирала прва четири ученика, а петопласирани ученик је резерва. Задаци са решењима се могу видети на сајту www.mojahemija.org.

Сви ученици који су се пласирали на Међународну хемијску олимпијаду су дугогодишњи успешни такмичари. Јован Марковић је прошле године освојио бронзану медаљу на 52. Међународној хемијској олимпијади, а освојио је једну прву и две друге награде на републичким такмичењима из хемије. Лазар Савић је ове године освојио сребрну медаљу на 55. Међународној менделејевској хемијској олимпијади и другу награду на републичком такмичењу из хемије. Василије Пантелић је прошле године освојио бронзану медаљу на 52. Међународној хемијској олимпијади, а ове године сребрну медаљу на 55. Међународној менделејевској хемијској олимпијади. Освојио је и једну прву и две треће награде на републичким такмичењима из хемије. Невена Стојковић је освојила једну другу награду на републичком такмичењу из хемије. Сви похађају школе које спадају у најуспешније на такмичењима из хемије.

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Јован Марковић	Гимназија	Крушевац	Марица Грчак	I
2.	Лазар Савић	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	II
3.	Василије Пантелић	XIV београдска гимназија	Београд	Наташа Диздаревић	II
4.	Невена Стојковић	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	III
5.	Димитрије Глигоровски	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	III
6.	Дуња Вуковић	Гимназија „Јован Јовановић Змај“	Нови Сад	Дејан Радовановић	III
7.	Маја Маљковић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	III
8.	Ђорђе Петровић	Гимназија	Крушевац	Лидија Поповић Трипковић	похвалница
9.	Никола Демијаненко	ЕТШ „Никола Тесла“	Панчево	Срђан Динић	
10.	Ђорђе Паројчић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	
11.	Никола Милина	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	
12.	Немања Недић	Прва београдска гимназија	Београд	Јасна Петровић	