

Halogenirani binuklearni karboksilati bakra(II) ; Novi i stari srednjoškolski nastavni program kemije

Kovač, Patricija

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:466961>

Rights / Prava: [In copyright](#)/Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Kemijski odsjek

Patricija Kovač

Halogenirani binuklearni karboksilati bakra(II)
Novi i stari srednjoškolski nastavni program kemije

Diplomski rad

predložen Kemijskom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog zvanja

magistre edukacije kemije

Zagreb, 2020. godina.

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zavodu za opću i anorgansku kemiju pod mentorstvom izv.
prof. dr. sc. Nenada Judaša.

ZAHVALE

Prvenstveno se želim zahvaliti svom mentoru izv. prof. dr. sc. Nenadu Judašu. Profesore, hvala Vam na susretljivosti, stručnoj pomoći i svim danim savjetima tokom izrade diplomskog rada.

Veliko hvala mag. educ. biol. et chem. Aleksandru Meštriću na pomoći pri izradi diplomskog rada. Aco, hvala ti na svim vožnjama do faksa i natrag, na mnogim razgovorima o kemiji i glazbi, raznim savjetima, ljubaznosti i strpljenju.

Također zahvaljujem svim svojim prijateljima, kolegicama i kolegama na divnim uspomenama tokom studijskih dana i na podršci u teškim trenucima.

Posebno se zahvaljujem svojoj mami i bratu koji su uvijek vjerovali u mene zajedno s ostatkom obitelji. Bez vašeg razumijevanja i odricanja ne bi bilo moguće privesti kraju moje fakultetsko obrazovanje.

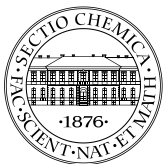
Najdražem Robertu od srca hvala na bezuvjetnoj ljubavi i podršci od samog početka studija.

Za kraj se želim zahvaliti svom tati koji je bio moja najveća podrška u životu i koji me naučio kako se nositi s teškoćama, a kako se radovati sitnicama. Iako su prošle gotovo dvije godine otkad nisi s nama, uvijek si mi u mislima i znam da si ponosan na mene.

Sadržaj

1. ISTRAŽIVAČKI DIO	1
1.1. UVOD	2
1.2. LITERATURNI PREGLED	3
1.2.1. Supramolekulska kemija	3
1.2.2. Međumolekulske interakcije	5
1.2.3. Binuklearni karboksilati bakra(II)	8
1.3. EKSPERIMENTALNI DIO	10
1.3.1. Opis polaznog materijala	10
1.3.2. Izrada aparature i sušenje hidratnih bakrovih(II) karboksilata	10
1.3.3. Priprava bakrovog(II) kloracetata monohidrata	11
1.3.4. Preliminarno ispitivanje topljivosti bakrovih(II) kloracetata	11
1.3.5. Pokušaji otopinskih sinteza piridinskih derivata bakrovog(II) kloracetata	11
1.3.6. Mehanokemijske sinteze adukata bakrovog(II) kloracetata	12
1.3.7. Difrakcijski pokusi s monokristalnim uzorcima	12
1.4. REZULTATI I RASPRAVA	14
1.4.1. Postupak sušenja	14
1.4.2. Sušenje bakrovog(II) kloracetata monohidrata	14
1.4.3. Rezultati mehanokemijskih sinteza piridinskih adukata bakrovih(II) kloracetata	15
1.4.4. Rezultati otopinskih sinteza adukata bakrovih(II) kloracetata O-donirajućim adendima	15
1.4.5. Rezultati otopinskih sinteza piridinskih adukata bakrovih(II) kloracetata	16
1.4.6. Rezultati otopinske sinteze piridinskog adukta bakrovog(II) kloracetata u kloroformu	16
1.5. ZAKLJUČAK ISTRAŽIVAČKOG DIJELA	17
2. METODIČKI DIO	18
2.1. STARI I NOVI NASTAVNI PROGRAM KEMIJE	19
2.1.1. Stari nastavni program kemije i priprema promjene	19
2.1.2. Novi nastavni program kemije (kurikulum)	20
2.1.3. Prvi razred gimnazije prema novom nastavnom programu ^[23,24,25]	22
2.1.4. Drugi razred gimnazije prema novom nastavnom programu ^[25,28]	25
2.1.5. Treći razred gimnazije prema novom nastavnom programu ^[25,28]	28
2.1.6. Četvrti razred gimnazije prema novom nastavnom programu	30
2.2. OBJAŠNJENJE NASTAVNOG SATA	31
2.2.1. Korisnost poučavanja o Sunčevoj energiji	31
2.2.2. Nastavni sat	32
2.2.2.1. Potrebni materijali i metode za izradu nastavnog sata	32
2.2.2.2. Tijek nastavnog sata	34
2.3. ZAKLJUČAK METODIČKOG DIJELA	35
3. LITERATURNI IZVORI	37

4. DODATAK	IX
5. ŽIVOTOPIS	XXIX



SAŽETAK

**HALOGENIRANI BINUKLERANI KARBOKSILATI BAKRA (II)
NOVI I STARI SREDNJOŠKOLSKI NASTAVNI PROGRAM KEMIJE**

Patricija Kovač

Glavni cilj istraživačkog dijela ovog diplomskog rada bio je ispitati kakve su mogućnosti sinteze bakrovih(II) acetata i kloracetata koji u apikalnim položajima imaju vezane molekule alkohola ili piridinskih derivata s bezvodnim binuklearnim karboksilatima bez posebnog izoliranja reakcijskog sustava. Provedene su otopinske i mehanokemijske sinteze. Kao otapala korišteni su prop-1-ol, but-1-ol, aceton i kloroform, a kao potencijalni apikalni piridinski adendi molekule piridina, 2-, 3- i 4-pikolina te 2,4-, 2,6- i 3,5-lutidina. Bolju perspektivu imaju sinteze provedene u prop-1-olu. Mehanokemijske sinteze daju vrlo amorfizirane produkte. U metodičkom dijelu rada napravljena je usporedna kritička analiza starog i novog srednjoškolskog nastavnog programa pri čemu su određene njihove sličnosti i razlike te komparativne prednosti i mane novog nastavnog programa. Dodatno je osmišljen i pripremljen nastavni materijal potreban za provođenje jednog 90-minutnog nastavnog sata utemeljnog na nastavnoj strategiji učenja otkrivanjem, koji može poslužiti kao predložak za osvježivanje nastavnih sadržaja svakodnevne nastavne prakse.

57 (42+15) stranica, 9 slika, 8 tablica, 31 literaturni navod, jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u Središnjoj kemijskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, Zagreb i Repozitoriju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Ključne riječi: binuklearni halogenirani karboksilati bakra(II), kristalizacija, nastava kemije, učenje otkrivanjem, srednjoškolski nastavni programi

Mentor istraživačkog i metodičkog dijela: izv. prof. dr. sc. Nenad Judaš, KO PMF SuZ

Ocjenitelji:

- | | |
|---|--------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Nenad Judaš | (KO PMF SuZ) |
| 2. izv. prof. dr. sc. Iva Juranović Cindrić | (KO PMF SuZ) |
| 3. izv. prof. dr. sc. Branimir Bertoša | (KO PMF SuZ) |
| Zamjena: izv. prof. dr. sc. Petar Kružić | (KO PMF SuZ) |

Datum diplomskog ispita: 30. listopada 2020.



ABSTRACT

**HALOGENATED BINUCLEAR CU(II) CARBOXYLATES
NEW AND OLD SYLLABUSES OF HIGH-SCHOOL CHEMISTRY**

Patricija Kovač

This thesis deals with solution and mechanochemical syntheses of copper(II) acetates and chloroacetates that are apically decorated with alcohol molecules or pyridine derivatives from anhydrous binuclear starting materials. Prop-1-ol, but-1-ol, acetone and chloroform were used as solvents and 2-, 3- and 4-picoline and 2,4-, 2,6- and 3,5-lutidine as potential apical ligands. Better results were achieved in prop-1-ol. Mechanochemical syntheses produced amorphous products.

In the methodical part of the thesis a comparative study of old and new primary and high school syllabuses of chemistry is given. Comparative benefits and potential faults of new syllabuses are stressed. Additionally, a 90-minute lesson based on guided inquiry learning strategy with simple, cheap and available experiments and teaching materials was proposed.

57 (42+15) pages, 9 figures, 8 tables, 31 references, original in Croatian

This thesis is deposited in the Central Chemical Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia and in the Repository of the Faculty of Science, University of Zagreb.

Keywords: halogenated binuclear copper(II) carboxylates, crystallization, teaching chemistry, guided inquiry learning, high-school syllabuses

Mentor (research and methodology parts): dr. sc. Nenad Judaš, Associate Professor, FoS UniZg

Reviewers

1. dr. sc. Nenad Judaš, Associate Professor (DC FoS UniZg)
2. dr. sc. Iva Juranović Cindrić, Associate Professor (DC FoS UniZg)
3. dr. sc. Branimir Bertoša, Associate Professor (DC FoS UniZg)

Substitute: dr. sc. Petar Kružić, Associate Professor (DC FoS UniZg)

Date of exam: October, 30th 2020

1. ISTRAŽIVAČKI DIO

1.1. UVOD

Jedna od glavnih karakteristika kemije kao znanstvene discipline je sinteza novih tvari. Tijekom prošlog stoljeća došlo je do razvoja novijeg područja sintetske i primijenjene kemije – supramolekulske sinteze. Temelj supramolekulske sinteze je razumijevanje i kontroliranje međumolekulskih interakcija kako bi se izgradile supramolekule, tj. kompleksni sustavi željenih svojstava. Za lakše razumijevanje supramolekula može se reći da su one u odnosu na molekule i međumolekulske interakcije isto što i molekule u odnosu na atome i kovalentne veze. Primjenjujući taj princip na čvrsto stanje, može se reći da su molekulski kristali dobar primjer supramolekula. Analogno tome, kristalno inženjerstvo se može poistovjetiti s organskom sintezom, polimorfi sa strukturnim izomerima, a kristalizacija sa samom reakcijom.¹

Dobivanje supramolekula određenih svojstava postiže se kontroliranom uporabom međumolekulskih interakcija koje ujedno određuju strukturu i funkciju molekula te su glavni čimbenici organiziranja molekula u složenije strukture, tj. supramolekulske sustave. Molekule binuklearnih karboksilata bakra(II) pogodne su građevne jedinice u supramolekulskoj sintezi pa ih se često koristi za izgradnju poroznih metalo-organskih mrežastih kristalnih struktura (tzv. MOF, od eng. *metalorganic framework*). Metalo-organske mreže su mreže metalnih centara ili anorganskih klastera koji su premošćeni jednostavnim organskim spojnica metal-ligand kovalentnim vezama. Zbog svoje poroznosti, te supramolekulske tvorevine imaju široku primjenu, osobito u industriji materijala.

Supramolekulske spojeve moguće je sintetizirati različitim metodama. Osim klasične otopinske, sve češće se koriste metode kao što su sonokemijska i mehanokemijska sinteza. Razvoj mehanokemijskih metoda sinteze omogućuje nove načine proizvodnje materijala, koji mogu biti anorganske ili organske prirode, metalo-organske mreže ili pak kokristali. Ovakvi će načini sinteze materijala u bliskoj budućnosti postati nezamjenjivi, prvenstveno zbog svoje ekološke prihvatljivosti (zbog smanjenja korištenja otapala) i odličnih (ako ne i kvantitativnih) iskorištenja reakcija.²

Glavni istraživački cilj ovog rada je priprava supramolekulskih metalo-organskih mreža predvidive metrike pri čemu će kao temeljne građevne jedinice biti uporabljene binuklearne molekule halogeniranih karboksilata bakra(II) s različitim *N*- ili *O*-donornim ligandima poput piridinskih derivata ili molekula alkohola. Ispitat će se uvjeti kristalnog rasta te termička svojstva pripremljenih produkata.

1.2. LITERATURNI PREGLED

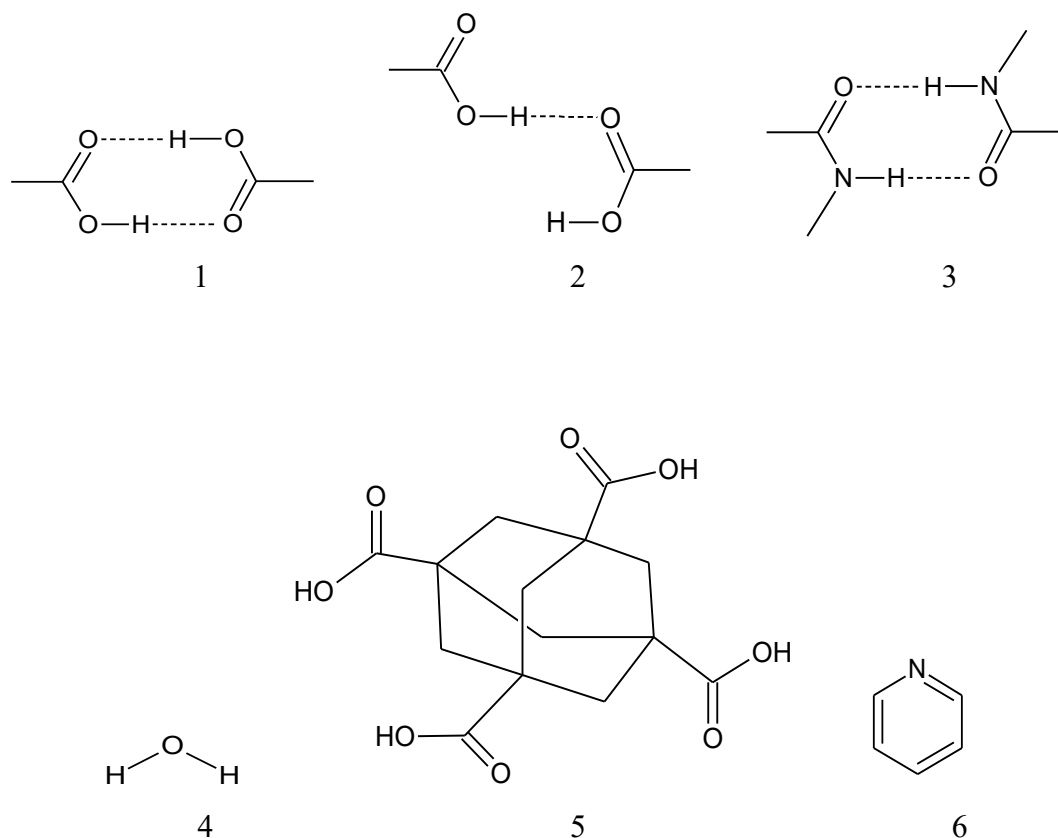
1.2.1. Supramolekulska kemija

Supramolekulska kemija je jedno od najpopularnijih područja eksperimentalne kemije koje bilježi veliki napredak u zadnjih nekoliko desetljeća. Tome u prilog ide činjenica da je to prilično interdisciplinarno područje znanosti jer se bavi kemijskim, biološkim i fizikalnim svojstvima tvari čije su građevne jedinice povezane slabim međumolekulskim interakcijama. Supramolekulska kemija kao zasebno znanstveno područje vuče korijene iz organske kemije iz sintetskih postupaka izgradnje raznih receptora, zatim iz koordinacijske kemije i metal-ion-ligand kompleksa, fizikalne kemije u sklopu eksperimentalnih i teorijskih istraživanja interakcija te iz biokemije i bioloških procesa koji prvenstveno započinju prepoznavanjem i vezanjem supstrata.^{1,3}

Sam početak supramolekulske kemije kao samostalnog područja istraživanja je teško odrediti. Iako su već otprije bili poznati supramolekulski sustavi, kao što su kristali klorovog hidrata koje je izolirao Humphry Davy 1806. godine, većina znanstvenika smatra kako prava supramolekulska kemija započinje 1894. godine kada je Emil Fischer objasnio visokospecifičnost supstrata prema enzimu. Sredinom prošlog stoljeća, došlo je do značajnijeg razvoja supramolekulske kemije zahvaljujući znanstvenicima poput Jean-Marie Lehna, Jurija Anatolievicha Ovčnikovog i Charlesa Johna Pedersena.⁴

Elias James Corey je, baveći se supramolekulskom sintezom, uveo pojam sintona kao ponavljajućih međumolekulskih motiva unutar kristalne strukture koji se mogu prirediti poznatim i provedivim postupcima. Cilj kristalnog inženjerstva je prepoznati i dizajnirati sintone koji su dovoljno postojani da mogu opstati tijekom izgradnje nove (kristalne) strukture čime se osigurava općenitost i predvidivost sintetskog postupka. Osim sintona, u kristalnom inženjerstvu su važni i supramolekulski tektoni – molekule s velikom tendencijom sudjelovanja u jakim međumolekulskim interakcijama. Za te molekule se kaže da imaju „ljepljive” krajeve te ih se u stranoj literaturi može naći pod nazivom *sticky molecules*. Njihovim povezivanjem pomoću supramolekulskih sintona moguće je dizajnirati supramolekulske agregate specifične strukture. Termini supramolekulskih tektona i sintona izvedeni su po uzoru na retrosintetsku analizu, a razlika između ta dva pristupa je jedino u vezi koju pritom tvore. Do pojedinih sintona i tektona može se doći dekonstrukcijom određenih kristalnih struktura i izdvajanjem (prepoznavanjem) specifičnih interakcija između susjednih jedinica nakon čega se pokušava

objasniti njihova stabilnost i uporabna ponovljivost. Ako je poznato da se dvije funkcijske skupine često međusobno povezuju u kristalnoj strukturi, logično je pokušati koristiti ih i u drugim strukturnim okruženjima s očekivanjem da će ti sintoni ponovno nastati.^{5,6}



Slika 1. Prikaz nekih supramolekulskih sintona (1, 2, 3) i tektona (4, 5, 6).

Početakom devedesetih godina prošlog stoljeća naglo je porasla zainteresiranost znanstvenika za metalo-organske mreže (MOF-ove). Uzroci porasta popularnosti su relativno laka priprema, mogućnost redizajniranja i refunkcionaliziranja kristalnih i molekularnih struktura, dakle velika modularnost zbog koje postoji velik broj strukturnih motiva u kristalnom inženjerstvu.⁷ S obzirom na prostornu građu i geometrijska svojstva organskih molekula poveznica i načina koordinacije metalnih iona, strukture MOF-ova mogu se dizajnirati prema ciljanim svojstvima. Najznačajnije svojstvo tih mreža je velika poroznost i izrazito velika unutarnja površina koja igra ključnu ulogu u njihovoj primjeni, ponajviše u skladištenju, separacijskim postupcima, prepoznavanju drugih kemijskih vrsta, zatim u katalizi te u adsorpciji i desorpciji lijekova.⁸

Priredivanje niza metalo-organskih mreža s različitom veličinom šupljina koje je moguće funkcijski specijalizirati jedan je od ciljeva supramolekulske sinteze.

U supramolekulskoj sintezi, osim samih građevnih jedinica, važnu ulogu imaju molekule poveznice (eng. *linkers*). To su molekule koje posjeduju više nukleofilnih elektronskih parova pomoću kojih se građevne jedinice mogu povezati u koordinacijske supramolekulske mreže.⁹ Prikladnim odabirom molekula poveznica moguće je kontrolirati metrik i fizikalno-kemijska svojstva ciljanih supramolekulskih struktura. U ovom radu su korišteni piridin i njegovi derivati: 2-pikolin, 3-pikolin, 4-pikolin, 2,4-lutidin, 2,6-lutidin i 3,5-lutidin.

Općenito, kao poveznice mogu poslužiti i molekule otapala. Bilo da se radi o otopinskoj ili mehanokemijskoj sintezi, molekule otapala često imaju važnu ulogu u strukturi i svojstvima ciljanog produkta (bez obzira na uporabljenu količinu samog otapala). I molekule otapala mogu poslužiti kao poveznice temeljnih građevnih jedinica, jer se i preko njih mogu ostvarivati razne međumolekulske interakcije (primarno vodikove i halogenske veze) koje će povećati konačnu stabilnost ciljane supramolekulske strukture.¹⁰

1.2.2. Međumolekulske interakcije

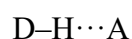
Kao što je već spomenuto u uvodnom dijelu, dobivanje supramolekulskih sustava određenih svojstava postiže se kontroliranom uporabom međumolekulskih interakcija. Te interakcije određene su strukturom polaznih molekula te imaju glavnu ulogu u njihovom međusobnom „prepoznavanju i organiziranju” (eng. *self-assembly*) u složenije strukture (sustave). Svojstva međumolekulskih interakcija koja su važna za kristalno inženjerstvo su jakost i usmjerenost.¹¹ Većina međumolekulskih interakcija slaba je u usporedbi s kovalentnom vezom. Energija jednostruke kovalentne veze u rasponu je od 150 do 450 kJ mol⁻¹, dok su energije međumolekulskih interakcija u rasponu od 2 do 300 kJ mol⁻¹ što je prikazano u tablici 1 (str. 6).⁵

Međumolekulske interakcije možemo podijeliti na izotropne i anizotropne. Izotropne interakcije nemaju određeno usmjerenje, djeluju među svim građevnim jedinkama te mogu biti odbojnog ili privlačnog karaktera. Anizotropne interakcije imaju specifičnu prostornu usmjerenost i određuju orijentaciju molekula i njihovo međusobno „prepoznavanje i povezivanje”. Tipični primjeri jačih anizotropnih interakcija su vodikove i halogenske veze koje su ujedno i najčešće primjenjivane u kristalnom inženjerstvu. Stoga su one i bile temeljne i za ovaj ovaj rad.

Tablica 1. Vrste međumolekulskih interakcija s pripadajućim molnim energijama.

Interakcije	Energija / kJ mol ⁻¹
ion – ion	200 – 300
ion – dipol	50 – 200
dipol – dipol	5 – 50
vodikove veze	4 – 120
kation – π	5 – 80
π – π	0 – 50
van der Waalsove	< 5 (ovisno o površini tvari)
halogenske veze	5 – 180

Vodikova veza je posebna vrsta dipol-dipol interakcija između dvije molekule ili između dva dijela iste molekule, a uspostavlja se preko vodikovog atoma koji je vezan na atom donora, D. Atom koji sadrži nevezni elektronski par nazivamo akceptorom vodikove veze, A. Vodikova veza se općenito može prikazati:



Za tri atoma koji čine vodikovu vezu može se načelno smatrati da tvore neki kut (iako je ponekad teško odrediti položaj vodikovog atoma. Vodikova veza bila bi najjača pri kutu od 180° i slabila bi njegovim smanjenjem, a općenito se prihvaća da kut $\angle(DHA)$ može odstupati do 30° od linearnosti. Prosječna energija vodikove veze iznosi do 40 kJ mol⁻¹ što je poprilično velika vrijednost za dipol-dipol interakciju. Iz tog razloga vodikove veze imaju snažan utjecaj na strukturu i svojstva mnogih spojeva.^{12,13}

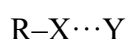
Jakost vodikove veze ovisi o elektronegativnostima atoma donora i akceptora, o duljini same veze i valentnom kutu $\angle(DHA)$. Manja veličina atoma donora, poput atoma dušika, kisika i fluora, iznimno je važna čimbenik za nastajanje vodikove veze, jer su takvi atomi vrlo

elektronegativni pa su na njih kovalentno vezani atomi vodika prilično elektropozitivni – stoga ih nevezni elektronski par atoma akceptora jače privlači. Vodikove veze pojavljuju se i kod većih atoma poput fosfora, sumpora, klora, broma i joda, ali su slabije u odnosu na spomenute atome donore.¹⁴ Što je duljina vodikove veze manja, to je ona jača, tj. duljina veze treba biti manja od zbroja van der Waalsovih radijusa atoma donora i akceptora.

Osim vodikove veze za supramolekulsku kemiju, ali i za ovaj rad, od velike je važnosti halogenska veza. U spojevima u kojima kovalentna veza uključuje halogeni atom gotovo uvijek postoji područje veće elektronske gustoće. U tom je području elektrostatski potencijal negativan i tvori pojas okomit na kovalentnu vezu. Područje manje elektronske gustoće, tzv. σ -rupa, s pozitivnim elektrostatskim potencijalom (kod većih atoma halogenih elemenata) tvori udubljenje siromašno elektronskom gustoćom koje se nalazi u produžetku kovalentne veze. To područje ima pozitivan električni potencijal te će se privlačiti s onim dijelovima molekula susjeda koja su bogata elektronima. Općenita sposobnost halogenih atoma da tvore privlačne interakcije s elektrondonorima, tj. nukleofilima je u potpunosti priznata i shvaćena tek unazad nekoliko godina.

Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju, IUPAC (eng. *International Union of Pure and Applied Chemistry*) je 2009. godine započela projekt s ciljem klasificiranja i opsežnog pregleda međumolekulskih interakcija koje uključuju atome halogenih elemenata kao elektrofilne vrste. Nakon četiri godine taj je projekt završen i IUPAC je predložio naziv tih interakcija kao halogenske veze. Prema njihovoj definiciji, halogenska veza nastaje pri nastajanju mreže privlačnih interakcija između elektrofilnog područja sa halogenim atomom u srži molekule i nukleofilnog područja unutar iste ili druge molekule.¹⁵

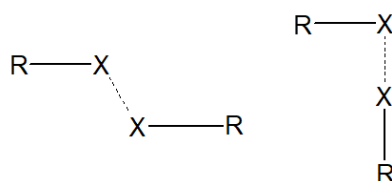
Halogensku vezu možemo općenito prikazati kao:



gdje je R = C, halogeni element, N, ..., X = F, Cl, Br, I, a Y = N, O, S, Se, F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻...

U slučaju kada su halogeni atomi vezani na atome ugljika, veza R-X \cdots X-R se ostvaruje na dva različita oblika koje su kemičari Gautam Radhakrishna Desiraju i Rajarathinam Parthasarathy nazvali tipom I i tipom II.¹⁶ Tip I podrazumijeva simetričnu interakciju gdje je kut $\angle(RXX)$ jednak kutu $\angle(XXR)$, dok je tip II interakcija u kojoj kut $\angle(RXX)$ iznosi otprilike

180°, a kut $\angle(\text{XXR})$ otprilike 90° što je prikazano na slici 2. Ova klasifikacija se koristi i danas, a tip I je još podijeljen prema *trans* i *cis* sustavu.¹⁷

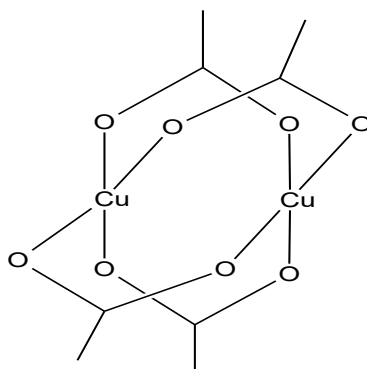


Slika 2. Prikaz halogenske veze tipa I (lijevo) i tipa II (desno).

1.2.3. Binuklearni karboksilati bakra(II)

Karboksilatni anioni u kompleksnim spojevima su bidentatni ligandi koji često premošćuju ione metala te na taj način nastaju binuklearne molekule. Koordinacijska sfera tih molekula može biti zasićena ili nezasićena. Ako je nezasićena, binuklearna molekula može vezati dodatne ligande pri čemu nastaju kemijske veze između nezasićenog metalnog atoma i donora elektrona koje su uglavnom slabije od postojećih veza. Unatoč tome, ti su spojevi dovoljno postojani.

Bakar(II) može s karboksilatnim ionima tvoriti mono-, bi- i polinuklearne kompleksne spojeve. Kod mononuklearnih kompleksa, na jedan atom bakra bidentatno su vezana dva karboksilatna iona, dok su kod binuklearnih kompleksa karboksilatni ligandi premošćujući. Kompleksne molekule u kojima su dva iona bakra premoštena s četiri karboksilatna ogranka poznate su zbog svog izgleda pod nazivom *molekule vodeničnog kola**, (eng. *paddlewheel molecules*, PW).



Slika 3. Shematski prikaz molekulske strukture građevne jedinice binuklearnog bakrova(II) acetata

* Kako hrvatsko kemijsko nazivlje još nema specifičan izraz za ovu vrstu molekula, a sama fraza molekule vodeničnog kola nije prikladna, u ovom radu dalje će se koristiti pohrvaćeni izraz *paddlewheelska* građevna jedinica ili *paddlewheelska* molekula.

Bakrovi(II) ioni mogu u apikalni (vršni) položaj vezati neki nukleofil koordinacijskom vezom. Najčešće se radi o *O*-donirajućim nukleofilima poput molekula vode i alkohola ili o *N*-donirajućim nukleofilima kao što su molekule piridina i njegovih derivata. Apikalni ligandi mogu biti premošćujući, ako povezuju dvije *paddlewheelske* molekule, ili nepremošćujući. Razvojem kristalnog inženjerstva porasao je interes za binuklearnim bakrovim karboksilatima. Te je molekule jednostavno sintetizirati, a njihova svojstva je lako modificirati vezanjem različitih liganada u apikalni položaj. *Paddlewheelske* molekule imaju tri potencijalna vezna mjesta: bakrove(II) ione, karboksilatne kisikove atome i karboksilatne metilne skupine. Zbog svega navedenog, te su molekule izrazito pogodne građevne jedinice u kristalnom inženjerstvu. Osim samog acetata, građevne jedinice supramolekulske strukture mogu biti i neke druge molekule karboksilata poput benzoata, salicilata ili halogeniranog acetata. Halogenirani acetati mogu tvoriti međumolekulske halogenske veze koje su jače od C—H···O interakcija čime se osigurava veća stabilnost cijele strukture. Zbog induktivnog efekta halogenog atoma dolazi do smanjenja elektronske gustoće na ionima bakra(II) što rezultira porastom njegove elektrofilnosti. Međutim, taj efekt uzrokuje veće polariziranje veze između atoma bakra i karboksilatnog kisika pa u slučaju vezanja nukleofila na atome bakra ta veza bakar-kisik može puknuti čime je moguće narušavanje cjelokupne strukture.¹⁸

1.3. EKSPERIMENTALNI DIO

1.3.1. Opis polaznog materijala

Polazni spojevi uporabljeni su bez prethodnog pročišćavanja. Niže je dan pregled njihovog porijekla i čistoće.

Tablica 2. Pregled uporabljenih kemikalija i njihove čistoće.

Spoj	Proizvođač	Stupanj čistoće
aceton	Alkaloid Skopje	p.a.
benzen	Kemika	p.a.
butanol	J. T. Baker	za sintezu
cikloheksan	Kemika	p.a.
dimetilsulfoksid	Carlo Erba	p.a.
kloroform	Carlo Erba	p.a.
pentanol	Riedel-de Haën A.-G.	za kromatografiju
propan-1-ol	PanReac Applichem	za sintezu
propan-2-ol	PanReac Applichem	za sintezu
2,4-lutidin	Merck	za sintezu
2,6-lutidin	Merck	za sintezu
3,5-lutidin	Merck	za sintezu
2-pikolin	Acros Organics	98%+
3-pikolin	Acros Organics	98%+
4-pikolin	Acros Organics	98%+
kloroctena kiselina	nepoznat	–
malahit	nepoznat	–
bakrov(II) acetat monohidrat	Kemika	purum

1.3.2. Izrada aparature i sušenje hidratnih bakrovih(II) karboksilata

Aparatura za sušenje sastavljena je od staklene cijevi u čijem je jednom kraju bio smješten uzorak kojeg je trebalo sušiti, a u drugom (izlaznom) kraju nalazio se kruti kalijev hidroksid kao sredstvo za sušenje. Sustav je spojen na vakuumsku sisaljku i polako zagrijavan puštanjem električne struje kroz cekas žicu koja je bila omotana oko cijevi s uzorkom. Brzina zagrijavanja kontrolirana je uporabom reostata. Temperatura sustava kontrolirana je termometrom koji je bio smješten unutar cijevi neposredno iznad uzorka. Funkcionalnost aparature testirana je sušenjem bakrovog(II) acetata monohidrata, koji je tijekom 60 minuta polako zagrijavan do temperature od 200 °C. Tijekom zagrijavanja stanje uzorka vizualno je kontrolirano (u slučaju pirolize dolazi do tamnjenja uzorka). Na analogan način sušeni su i uzorci bakrovog(II) kloracetata monohidrata i bakrovog(II) salicilata monohidrata. No, tijekom sušenja

bakrovog(II) salicilata monohidrata dolazi do njegovog raspada (izdvajaju se kristali salicilne kiseline).

Uspješnost sušenja provjeravana je kontrolom mase uzoraka prije i poslije sušenja i snimanjem difraktograma praškastih uzoraka čime je ujedno provjeravana i kristaličnost dobivenih produkata.

1.3.3. Priprava bakrovog(II) kloracetata monohidrata

Bakrov(II) kloracetat monohidrat priređen je otapanjem 442 mg (2 mmol) malahita u vrućem etanolu. Toj otopini dodavana je, uz miješanje magnetskom miješalicom i zagrijavanje, etanolna otopina 756 mg (4 mmol) kloroctene kiseline. Dodatak kiseline popraćen je promjenom boje polazne otopine. Pri kraju dodavanja kiseline, u matičnici se pojavilo замуćenje, a tijekom hlađenja došlo je do nastanka veće količine taloga. U konačnici, hladna matičnica je filtrirana uz odsisavanje preko Büchnerovog lijevka, a dobiveni kruti produkt osušen je stajanjem nekoliko sati na zraku. Masa osušenog produkta bila je 636 mg.

1.3.4. Preliminarno ispitivanje topljivosti bakrovih(II) kloracetata

Hidratnom bakrovom(II) kloracetatu ispitana je topljivost u različitim otapalima, a pregled rezultata dan je u Tablici 3.

Tablica 3. Pregled rezultata ispitivanja topljivosti.

otapalo	topljivost pri sobnoj temperaturi	topljivost nakon zagrijavanja (50 °C)
propan-1-ol	slaba	dobra
butanol	slaba	dobra
pentanol	slaba	dobra
voda	slaba	dobra
etanol	slaba	dobra
kloroform	dobra	

1.3.5. Pokušaji otopinskih sinteza piridinskih derivata bakrovog(II) kloracetata

Po 125 mg (0,5 mmol) bezvodnog bakrovog(II) kloracetata otopljeno je u različitim otapalima nakon čega je u priređene otopine dodavan mali stehiometrijski suvišak (2 kapi) piridina i njegovih derivata. Nakon nekoliko dana u reakcijskim posudama pojavili su se kruti produkti koji su filtrirani i osušeni. Pregled rezultata otopinskih sinteza dan je u Tablici 4 (str. 12).

1.3.6. Mehanokemijske sinteze adukata bakrovog(II) kloracetata

Bezvodni bakrov kloracetat, $m = 121$ mg, stavljen je u tarionik te mu je dodana jedna kap piridina. Smjesa je kontinuirano miješana uz umjereni pritisak tučkom tijekom 5 minuta. Jednak postupak ponovljen je s 2-pikolinom, 3-pikolinom, 4-pikolinom, 2,4-lutidinom, 2,6-lutidinom i 3,5-lutidinom. Dobivenim produktima snimljeni su difraktogrami praha.

Tablica 4. Pregled rezultata otopinskih sinteza.

otapalo	adend	rezultat
voda	3-pikolin	plavi kristali
etanol	2-pikolin	nema vidljive razlike nakon dodatka 2- ili 3-pikolina
etanol	3-pikolin	
propan-1-ol	–	kristali su slične morfologije kao bakrov acetat monohidrat
propan-1-ol	2-pikolin	vide se naznake iglica
propan-1-ol	3-pikolin	plavozeleni sitni kristali
propan-1-ol	4-pikolin	svjetlucavi, zelenskasti kristali
propan-1-ol	piridin	svjetlucavi, zelenskasti kristali
butan-1-ol	–	zelenkasti prah
butan-1-ol	2-pikolin	zelenkasti prah
butan-1-ol	3-pikolin	plavozeleni sitni kristali
butan-1-ol	4-pikolin	zelenskasti kristali
butan-1-ol	piridin	svjetlucavi zelenskasti prah
kloroform	piridin	zelenkasti prah

1.3.7. Difrakcijski pokusi s monokristalnim uzorcima

Difraktogrami priređenih polikristalnih uzoraka snimljeni su rentgenskim difraktometrom Malvern Panalytical Aeris Bragg-Brentano geometrije. Za upravljanje difraktometrom i prikupljanje podataka korišten je program PHILIPS PW 1877APD 3.6b.¹⁹

Prije difrakcijskih pokusa svaki uzorak je smrvljen u sitan prah u ahatnom tarioniku i potom nanesen na nosač uzorka. Izvor zračenja bila je rentgenska cijev s bakrovom anodom i valnom duljinom izlaznog snopa rentgenskog zračenja $\lambda(\text{CuK}\alpha) = 1,54056$ Å. Difrakcijski pokusi provedeni su pri sobnoj temperaturi. Radni napon cijevi bio je 50 kV, katoda je grijana strujom jakosti 30 mA. Maksimumi su bilježeni u 2θ području od 5 do 40°. Korak pomicanja brojača bio je 0,0027166°, uz vrijeme zadržavanja i zapisivanja intenziteta na pojednom koraku u

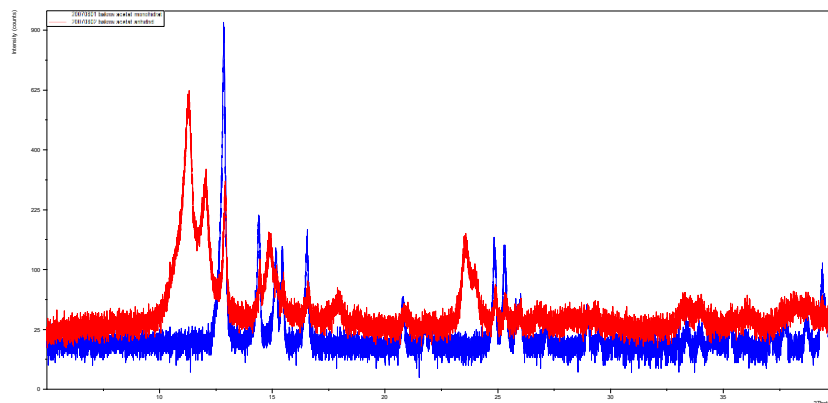
trajanju 2,55 s. Usporedba izmjerenih difraktograma načinjena je uporabom seta programa Data Viewer.²⁰

Na temelju podataka dobivenih pretraživanjem CSD baze²¹ te je uz pomoć programa Mercury 1.8b70 načinjena simulacija difraktograma bakrovog(II) kloracetata hidrata.

1.4. REZULTATI I RASPRAVA

1.4.1. Postupak sušenja

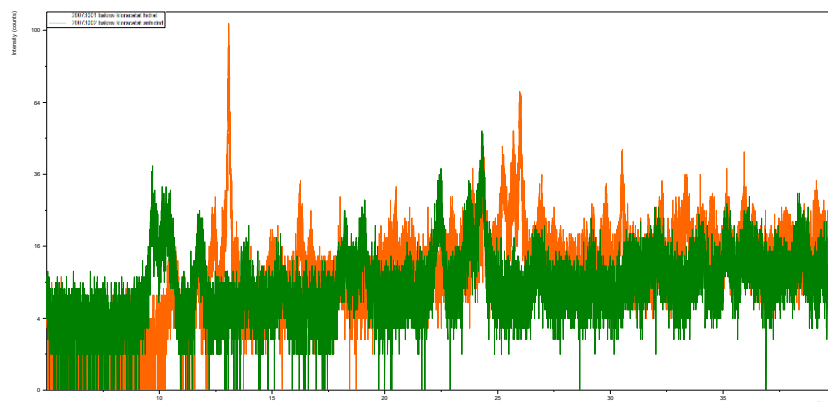
Funkcionalnost aparature za sušenje i optimizacija postupka sušenja provedeni su s uzorcima bakrovog(II) acetata monohidrata. Gubitak mase od 9 % potpuno je u skladu s teorijski predviđenim. Boja uzorka je postala intenzivnija, ali uorak nije pokazivao vizualne znakove pirolize. Usporedba difraktograma praha hidratnog i sušenog uzorka, Slika 7, potvrđuje promjenu kristalne strukture i sačuvanost kristalnosti produkta.



Slika 7. Usporedba difraktograma hidratnog i sušenog (bezvodnog) bakrovog(II) acetata.

1.4.2. Sušenje bakrovog(II) kloracetata monohidrata

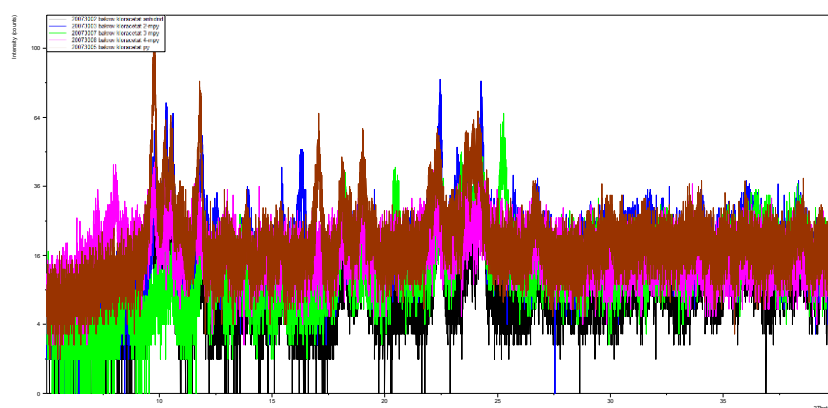
Sušenjem bakrovog(II) kloracetata monohidrata dobiven je produkt intenzivnije boje bez znakova pirolize. Difraktogrami polaznog i osušenog uzorka ukazuju na relativno lošu kristaličnost uzorka, ali se može reći da je došlo do promjene kristalne strukture te da je produkt sačuvao polaznu kristaličnost, Slika 8.



Slika 8. Usporedba difraktograma hidratnog i sušenog (bezvodnog) bakrovog(II) acetata.

1.4.3. Rezultati mehanokemijskih sinteza piridinskih adukata bakrovih(II) kloracetata

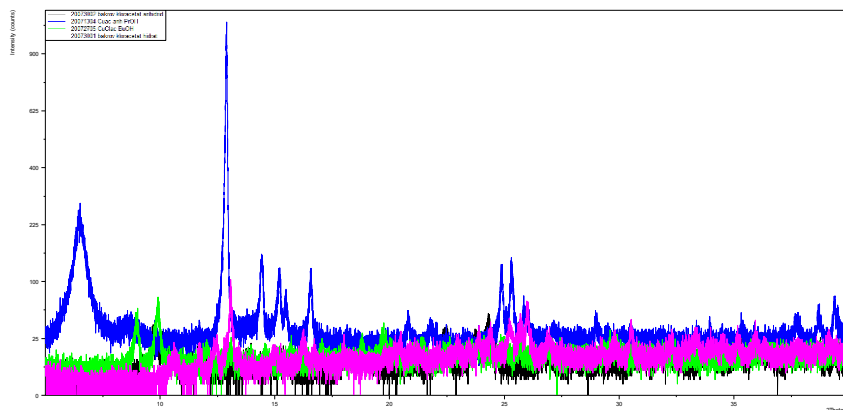
Mehanokemijske sinteze kojima je pokušano prirediti piridinske adukte bakrovog(II) kloracetata nisu se pokazale uspješnima. Usporedba difraktograma uzoraka dobivenih s piridinom, 2-pikolinom, 3-pikolinom i 4-pikolinom pokazuje da su produkti loše kristalne kvalitete i da dolazi do amorfizacije uzoraka, Slika 9. Uzroci tome mogu biti različiti od spore kinetike procesa do činjenice da su sinteze provedene na zraku i s ne potpuno suhim adendima. Sve u svemu, iako ima naznaka nastajanja produkata (piridin i 4-pikolin) mala je vjerojatnost da sinteze mogu biti uspješne na ovaj način. Potencijalno i male količine vode mogu ometati napredak nastajanja ciljanih produkata.



Slika 9. Usporedba difraktograma bakrovog(ii) kloroacetata s 2-pikolinom, s 3-pikolinom, s 4-pikolinom, s piridinom i sušenog bakrovog(ii) kloroacetata.

1.4.4. Rezultati otopinskih sinteza adukata bakrovih(II) kloroacetata O-donirajućim adendima

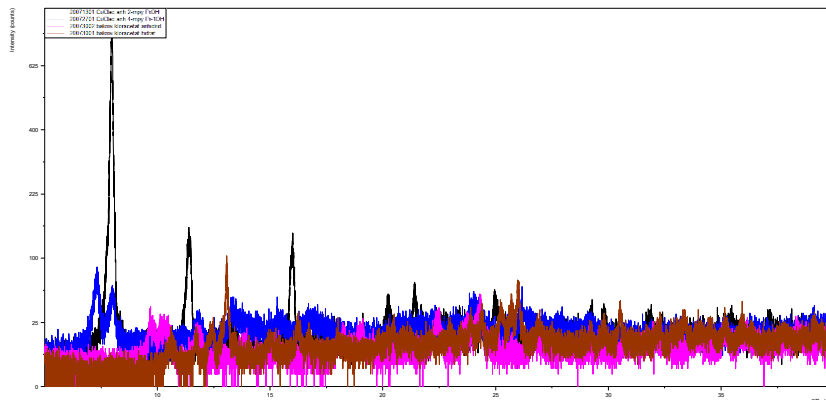
Od otopinskih sinteza s O-donirajućim adendima probane su sinteze iz prop-1-ola i but-1-ola u kojima su adendi ujedno poslužili i kao otapala. Bolji rezultat u smislu kristalnosti i potencijalnog dobivanja novog adicijskog produkta dala je sinteza iz prop-1-ola, slika 12. Produkt dobiven iz butanola ima značajno lošiju kristalnost.



Slika 10. Usporedba difraktograma bakrovog(II) kloracetata iz propanola, butanola, hidratnog i sušenog bakrovog(II) kloracetata.

1.4.5. Rezultati otopinskih sinteza piridinskih adukata bakrovih(II) kloracetata

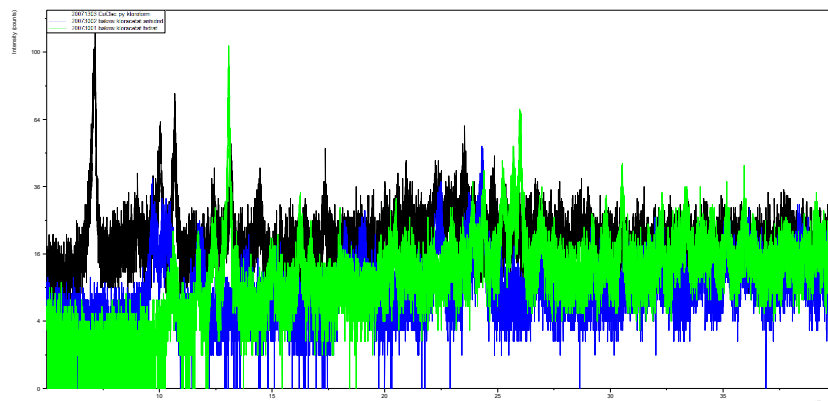
Od otopinskih sinteza s O-donirajućim adendima probane su sinteze iz prop-1-ola i but-1-ola u kojima su adendi ujedno poslužili i kao otapala. Bolji rezultat u smislu kristalnosti i potencijalnog dobivanja novog adicijskog produkta dala je sinteza iz prop-1-ola, slika 12. Produkt dobiven iz butanola ima značajno lošiju kristalnost.



Slika 10. Usporedba difraktograma bakrovog(II) kloracetata i 4-pikolina iz propanola, bakrovog(II) kloracetata i 2-pikolina iz propanola, hidratnog i sušenog bakrovog(II) kloracetata.

1.4.6. Rezultati otopinske sinteze piridinskog adukta bakrovog(II) kloracetata u kloroformu

Usporedbom difraktograma produkta dobivenog otopinskom sintezom u kloroformu s piridinom kao aduktom ukazuje na potencijalno nastajanje novog produkta, ali loše difrakcijske kvalitete što je u skladu i s izgledom dobivenog praškastog produkta pod lupom.



Slika 10. Usporedba difraktograma piridinskog adukta bakrovog(II) kloracetata u kloroformu, hidratnog i sušenog (bezvodnog) bakrovog(II) kloracetata.

1.5. ZAKLJUČAK ISTRAŽIVAČKOG DIJELA

Postupci sušenja polaznih hidrata binuklearnih karboksilata bakra(II) uspješno su provedeni. Otopinske sinteze provedene su u O-donirajućim otapalima koja nisu prethodno dodatno sušena. Sinteze provedene u etanolu kao produkt daju bakrov(II) acetat monohidrat, a sinteze provedene u prop-1-olu i but-1-olu potencijalno daju ciljane produkte, ali je njihova kristaličnost slaba. Sinteze provedene u prop-1-olu i but-1-olu s piridinom i pikolinima kao potencijalnim apikalnim ligandima potencijalno daju ciljane produkte nešto bolje kristaličnosti. Mehanokemijske sinteze daju produkte loše kristalne kvalitete pri čemu dolazi i do značajne amorfizacije. Uzroci tome mogu biti različiti, od spore kinetike procesa do činjenice da su sinteze provedene na zraku i s ne potpuno suhim adendima. Sve u svemu, iako ima naznaka nastajanja produkata (piridin i 4-pikolin) mala je vjerojatnost da sinteze mogu biti uspješne, ako ih se provodi na ovaj način.

Općenito, loša kristaličnost dobivenih produkata, bilo otopinskim, bilo mehanokemijskim sintezama, a jedan od njih može biti i prodiranje vlage u sustav s obzirom na to da molekule vode imaju velik afinitet za vezanja u apikalne položaje paddlewheelskih molekula. Da se ispita tu pretpostavku, sljedeći niz sinteza bit će potrebno provesti s potpuno suhim otapalima i adendima.

2. METODIČKI DIO

2.1. STARI I NOVI NASTAVNI PROGRAM KEMIJE

2.1.1. Stari nastavni program kemije i priprema promjene

U listopadu 1995. godine donesena je odluka o izmjeni programa kemije, biologije i geografije za gimnazije. Izmijenjeni nastavni program kemije počeo se primjenjivati u prvom i drugom razredu gimnazije od školske godine 1995./1996., za učenike trećih razreda od školske godine 1996./1997., a za četvrti razred program je ostao neizmijenjen. U nekoliko rečenica opisana je svrha učenja kemije i na koji način ono pridonosi razvijanju prirodoslovnostvene kulture učenika i samom intelektualnom razvoju učenika. U nastavku je navedena programska građa i sadržaj za prvi, drugi i treći razred. Prije samog sadržaja ukratko je objašnjena bit nastavnih sadržaja za pojedini razred, čime će se učenici baviti i koja znanja će steći usvojenim gradivom. Nastavni sadržaji podijeljeni su na nastavne cjeline, a one su podijeljene na nastavne teme. Za svaku temu naveden je specifičan nastavni sadržaj, ali na pojmovnoj razini.

Za primjer može se izdvojiti dio sadržaja za prvi razred srednje škole gdje se kao jedna od nastavnih cjelina navodi:

2.1. *Tvari i njihove promjene*, za koju je kao jedna od nastavnih tema navedena

2.1.4. *Čestice* i za nju kao nastavni sadržaji navedeno sljedeće

2.1.4.1. *Sve su tvari izgrađene od čestica (diuzija). Brownovo gibanje. Čestice u elementarnim tvarima. Čestice u spojevima. Čestice u krutinama, tekućinama i plinovima. Kristalizirane tvari – metali; uređen najgušći razmještaj čestica. Tekućine, neuređen najgušći razmještaj čestica – voda. Plinovi, proizvoljan volumen, razmak među česticama. Čestice u kemijskim reakcijama. Avogadrov zakon.*²⁵

Taj se program zadržao nešto više od dva desetljeća, tijekom kojih mu je upućeno više različitih kritika, a svi dionici su se izjašnjavali da je potrebna promjena. Bilo je čak i raznih prosvjeda kojima se iskazivala želja za boljim obrazovnim sustavom i sve glasnije nezadovoljstvo kako nastavnika i učenika, tako i roditelja.

Prije 14 godina hrvatski su učenici po prvi puta sudjelovali u PISA istraživanju (eng. *Programme for International Student Assessment*) pišući test koji se tada provodio u 57 zemalja. PISA test standardizirani instrument koji se koristi u međunarodnom programu ispitivanja čitalačke, matematičke i prirodoslovne pismenosti učenika u dobi od 15 godina, a provodi se svake tri godine. U razdoblju od 2006. do 2018. godine u Hrvatskoj je uočen značajan negativan trend u postignućima hrvatskih učenika u prirodoslovnoj pismenosti.²⁶

Loši rezultati na globalnoj razini također su pokazivali potrebu za izmjenom i poboljšanjem obrazovnog sustava. Tako je prije šest godina u Hrvatskom saboru usvojen prijedlog za provedbu cjelovite kurikularne reforme kojom bi se izmijenili nastavni planovi i programi te nastavne metode. U tom projektu sudjelovao je niz stručnjaka, nastavnika i institucija. Jedan od ciljeva kurikularne reforme bio je pristup temeljen na jasno definiranim odgojno-obrazovnim ishodima koji su orijentirani na rješavanje problema i razvijanje vještina, kritičkog razmišljanja, stajališta, inovativnosti, poduzetnosti, odgovornosti, odnosa prema sebi, drugima i prema okolini. Također je bilo važno izmijeniti nastavne sadržaje i njihovu strukturu tako da se učenicima osigura obrazovanje usklađeno njihovoj dobi i interesima. Predviđeno je bilo i veće povezivanje odgojno-obrazovnog sustava s gospodarstvom kako bi se učenike više usmjerilo na zanimanja koja su usklađena sa zahtjevima tržišta rada. Sljedeći cilj reforme je bio izrada otvorenih didaktičko-metodičkih sustava koji pružaju nastavnicima i učenicima slobodu izbora sadržaja, metoda i oblika rada. Na taj način se može ostvariti veća motivacija za rad i nastavnika i učenika. U planu kurikularne reforme bilo je i osiguravanje veće autonomije te osnaživanje uloge i jačanje profesionalnosti nastavnicima i ostalim djelatnicima odgojno-obrazovnih ustanova. Osim učenicima i nastavnicima, kurikularnom reformom se željelo i roditeljima osigurati veću uključenost u obrazovanje njihove djece tako da im se daju jasna očekivanja i smislenije povratne informacije o postignućima njihove djece.²⁷

Nakon nekog vremena, tijekom kojeg je došlo i do određene izmjene stručnih skupina, a i do smjene političke vlasti Ministarstvo znanosti i obrazovanja je 29. siječnja 2019. godine objavilo odluku o donošenju kurikuluma za nastavni predmet kemije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj.

2.1.2. Novi nastavni program kemije (kurikulum)

Novi nastavni program (kurikulum) napisan drugačije i na određen način detaljnije nego stari. U njegovom uvodnom dijelu opisan je predmet i svrha učenja kemije te su nabrojene mnoge vještine i sposobnosti koje učenici mogu razviti baveći se kemijom.

U nastavku dokumenta navedeni su temeljni odgojno-obrazovni ciljevi učenja i poučavanja kemije, koji su sljedeći:

- stjecanje iskustava koja će pobuditi znatiželju, pozitivan stav i interes za kemiju i prirodoslovlje,
- razumijevanje i komuniciranje o temeljnim konceptima kemije,

- usvajanje i primjena kemijskog nazivlja i simbolike,
- razumijevanje principa znanstvenoga i etičkoga pristupa istraživanju te rješavanju kemijskih problema,
- stjecanje metakognitivnoga znanja kao preduvjeta za razvijanje samostalnosti, samopouzdanja, inovativnosti, odgovornosti i kreativnosti.

Nastavak dokumenta posvećen je strukturi novog nastavnog programa kemije koji je podijeljen na četiri koncepta, odnosno četiri organizacijska područja:

- Tvari (A)
- Promjene i procesi (B)
- Energija (C)
- Prirodnoznanstveni pristup (D)

Prirodnoznanstveni pristup je koncept koji zapravo objedinjuje prva tri i uveden je kako bi se pratio razvoj eksperimentalnih i matematičkih vještina učenika, tj. razvoj njihove prirodoslovne pismenosti. Prirodoslovna pismenost obuhvaća stjecanje vještina znanstvene komunikacije, interpretacije podataka i razumijevanje metoda znanstvenog istraživanja. Koncept D najviše dolazi do izražaja pri izvođenju pokusa i proučavanju prirodnih pojava. Kako bi učenici mogli analizirati podatke i prikazati rezultate pokusa potrebna je usvojenost nastavnih sadržaja koncepata A, B i C.

Za četvrti razred gimnazije nastavni sadržaj i odgojno-obrazovni ishodi nisu prikazani u konceptima A, B, C i D kao za prvi, drugi i treći razred, već su prikazani unutar pet tema:

- Elektromagnetsko zračenje i tvari
- Kemija koloida
- Kemija odabranih biomolekula
- Kemija okoliša
- Znanost o materijalima.

U četvrtom razredu nastavnici su obvezni realizirati tri teme u cijelosti. Tema *Elektromagnetsko zračenje i tvari* obvezna je u svim gimnazijama, a ostale dvije nastavnici biraju na temelju zainteresiranosti učenika.

Temeljna razlika koju donosi novi nastavni program je raspisanost obrazovnih ishoda kojima se pokušava definirati očekivana učenička postignuća. S tim ciljem, obrazovni ishodi su definirani uporabom nesvršenog prezenta mjerljivog glagola u trećem licu jednine (navodi, opisuje, razmatra, razlikuje...). Posebno je naglašeno da tablice odgojno-obrazovnih ishoda treba čitati imajući na umu temeljne programske postavke. Odgojno-obrazovni ishodi razvrstani su prema temeljnim konceptima koje se obrađuje tijekom učenja i poučavanja nastavnog predmeta *Kemija*, a ne po sadržajima ili temama. Pripadajuća razrada obrazovnih ishoda trebala bi poslužiti kao pomoć učiteljima u primjeni novog nastavnog programa. Realizacija odgojno-obrazovnih ishoda je obvezna, ali se učiteljima i nastavnicima ostavlja sloboda u redosljedu njihove obrade. Uz odgojno-obrazovne ishode, navode se i sadržaji na razini koncepta za pojedinu godinu učenja. Sadržaj je „*kratak opis onoga što je obvezno učiti i poučavati i bitan je za postizanje dubinskog razumijevanja koncepta predmetnoga kurikuluma.*”²⁸

Slijedi prikaz usporedbe i raspodjele nastavnih sadržaja kemije za prvi, drugi, treći i četvrti razred gimnazije. Prikazi su dani tablično, a radi jednostavnosti prikaza u lijevom stupcu navedene su nastavne teme za pojedini razred prema starom nastavnom programu, a u desnom stupcu su navedeni sadržaji navedeni u novom nastavnom programu. Na kraju svakog sadržaja navedena je oznaka koncepta kojem je dodijeljen.

Masnim slovima otisnuti su oni sadržaji koje se može poistovjetiti s nastavnim sadržajima koji su za pojedini uzrast navedeni u starom nastavnom programu. *Kosim slovima* ispisani su oni sadržaji koji nisu izrijekom spomenuti u starom nastavnom programu, ali se za njih može reći da su po prirodi stvari pouzdano obrađivani, a dio ih je obrađivan i tijekom osnovnoškolske nastave kemije. Takve tablice dane su za prvi drugi i treći razred.

Nastavni sadržaj za četvrti razred drugačije je koncipiran pa je umjesto A, B, C ili D koncepta navedena nastavna tema unutar koje se on realizira.

2.1.3. Prvi razred gimnazije prema novom nastavnom programu^[23,24,25]

Usporedba starog i novog nastavnog programa kemije za prvi razred gimnazije ne ukazuje na značajne sadržajne promjene. Značajan dio nastavnih sadržaja prvog razreda gimnazije, od školske godine 2019./2020., i dalje čine nastavni sadržaji koji su i ranije obrađivani u tom uzrastu, dobar dio njih se obrađuje i tijekom osnovnoškolske nastave (u sedmom razredu ili će se obrađivati u osmom razredu kad se od školske godine 2020./2021. i u tom uzrastu počne

primjenjivati novi nastavni program). Takva raspodjela sadržaja može imati smisla, ako navedeni obrazovni ishodi dobro definiraju kako će osnovnoškolski nastavni sadržaji biti nadograđeni tijekom prvog razreda gimnazije. Ukupno je, kroz sva četiri koncepta, za nastavu kemije u prvom razredu gimnazije navedeno 36 obrazovnih ishoda. Sagleda li se to iz perspektive nastavnog plana (70 nastavnih sati godišnje), svakom obrazovnom ishodu nastavnik bi mogao posvetiti dva nastavna sata. S obzirom na to da je nastavni proces realno zahtijeva i da se ne može očekivati apsolutna učinkovitost, ostvarivanje svih navedenih obrazovnih ishoda moglo bi biti vrlo zahtijevna zadaća.

I u starom i u novom nastavnom programu ima određen broj nedorečenih elemenata. Primjerice, u starom nastavnom programu kao nastavni sadržaj navedena je spektrometrija mase, no pouzdano se zna da nastavna praksa nije posvećivala previše pažnje toj ideji. Novi nastavni program ne navodi ni jedan ishod koji bi izravno ukazivao na bavljenje tom temom. Je li to dobro ili loše teško je reći, no valja imati na umu da je spektrometrija masa u principu najpouzdanija metoda određivanja atomskih (i molekulskih) masa i da bi informiranje o tome vrlo dobro odgovaralo četvrtom konceptu (prirodnoznastveni pristup). Dakle, u smislu temeljnih odgojno-obrazovnih ciljeva može se očekivati da bi spoznaja o tome kako dolazimo do informacija o tako malim masama mogla (i trebala) biti prirodno učeničko pitanje. Na žalost, ni stari ni novi nastavni program nemaju definirane odgovore za ovaj problem.

Tablica 5.a Usporedba nastavnih tema za prvi razred gimnazije iz nastavnog programa kemije za gimnazije donesenog 1995. godine i saržaja navedenih u novom programu nastavnog predmeta Kemija iz 2019. godine.

Stari nastavni program (nastavne teme)	Novi nastavni program (sadržaj)
Podjela, izvori i agregatna stanja tvari	<p>Fizikalna svojstva čistih tvari: <i>gustoća, talište, vrelište, agregacijska stanja, fazni dijagrami, krivulja zagrijavanja čvrstih tvari.</i> 1A</p> <p>Fizikalna svojstva tekućina: viskoznost, napetost površine tekućina, isparavanje tekućina. 1A</p> <p>Fizikalna svojstva smjese: <i>vrste otopina i topljivost tvari u vodi – čvrste tvari, tekućine i plinovi, krivulje topljivosti čvrstih tvari i plinova.</i> 1A</p> <p>Agregacijska stanja tvari, talište, vrelište, gustoća, topljivost, viskoznost, površinska napetost, <i>tlak para, tvrdoća.</i> 1C</p> <p>Energija sustava, energija sadržana u tvarima: unutarnja energija sustava – potencijalna energija (energija kemijskih veza i međučestična djelovanja) te kinetička energija (posljedica gibanja čestica u sustavu). 1C</p> <p><i>Nazivi anorganskih i organskih spojeva.</i> 1A 1B</p> <p><i>Tlak plina.</i> 1D</p> <p>Topljivost tvari. 1D</p> <p>7. A (Čiste tvari, homogene i heterogene smjese, agregacijska stanja tvari, fizikalna svojstva tvari)</p>

Tablica 5.b Usporedba nastavnih tema za prvi razred gimnazije iz nastavnog programa kemije za gimnazije donesenog 1995. godine i saržaja navedenih u novom programu nastavnog predmeta Kemija iz 2019. godine

<i>Elementarne tvari i elementi</i>	7. A (Nazivi elemenata i kemijski simboli)
<i>Kemijske promjene</i>	7. B (oksidacija, fotoliza, elektroliza, piroliza – uvođenje pojmova)
<i>Čestice</i>	1. A i D (kristali, fizikalna svojstva čistih tvari, tekućina, smjesa, tlak plina)
<i>Osnove kemijskog računa</i>	Množina tvari, brojnost, molarna masa, molarni volumen. 1D Masa atoma i relativna atomska masa, odnos mase i brojnosti atoma. 1D Brojnost jedinki, množina jedinki (množina tvari). 1D <i>Molarna masa, odnos mase i množine, odnos mase i brojnosti jedinki. 1D</i> Molarni volumen, odnos množine, mase i volumena. 1D Stehiometrija kemijskih reakcija. 1D
<i>Građa atoma</i>	7. B (jednadžba kemijske reakcije) 8. A (relativna atomska i molekulska masa, nazivi i formule kemijskih spojeva) 1. D (množina tvari i molarna masa, molarni volumen plinova, stehiometrija kemijskih reakcija)
<i>Građa atoma</i>	Građa atoma, nuklidi, izotopi, valentni elektroni. 7. A (građa atoma, izotopi i izobari) 4. A (povijest otkrića modela atoma) * Spektrometrija masa - određivanje različitih atomskih masa elemenata
<i>Elektronski omotač atoma</i>	4. <i>Elektromagnetsko zračenje i tvari</i> (kvantno-mehanički model atoma, elektronska konfiguracija, raspored elektrona u elektronskom omotaču neutralnih i nabijenih atoma) Energija ionizacije i afinitet prema elektronu. (1C)
<i>Periodni sustav elemenata</i>	Periodičnost fizikalnih svojstava atoma: radijus atoma, energija ionizacije, afinitet prema elektronu, relativni koeficijent elektronegativnosti. Periodni sustav elemenata: grupe i periode. 1A 1C (periodičnost fizikalnih svojstava atoma: radijus atoma, energija ionizacije, afinitet prema elektronu, relativni koeficijent elektronegativnosti)
Stari nastavni program (nastavna tema)	Novi nastavni program (sadržaj)
<i>Kemijske veze</i>	Kovalentna veza: Lewisova simbolika, jednostruka, dvostruka, trostruka veza duljina i jakost veze, valencija, prostorni oblik molekula, polarnost molekula. 1B Ionsko vezivanje: prikazati ione Lewisovom simbolikom, formulska jedinka, Coulombova privlačna sila. 1B Metalno vezivanje: teorija metalnog plina, električna i toplinska vodljivost metala. 1B Medumolekulske sile: Londonova, van der Waalova sila i vodikova veza. 1B Kemijska svojstva tvari koja ovise o vrsti kemijske veze i temperaturi: reaktivnost, kiselost i lužnatost. 1C 1. B (kovalentna veza, ionsko vezivanje, metalno vezivanje, medumolekulske sile)
<i>Unutarnja građa kristala</i>	Kristali – podjela prema vrsti kemijske veze i čestičnim međudjelovanjima, usporedba makroskopskih svojstava kristala, građa i svojstva ionskih, atomskih (dijamant i kristali metala) i molekulskih kristala (kristali sumpora, fosfora). 1A

* dio nastavnih sadržaja koji se ne spominju u novom nastavnom programu ili u preporukama za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda u kurikulumu za nastavni predmet kemije za gimnazije u Republici Hrvatskoj

2.1.4. Drugi razred gimnazije prema novom nastavnom programu^[25,28]

Usporedba starog i novog nastavnog programa kemije za drugi razred gimnazije ukazuje na određene sadržajne promjene. Iako i dalje značajan dio nastavnih sadržaja drugog razreda gimnazije, od školske godine 2019./2020. čine nastavni sadržaji koji su i ranije obrađivani u tom uzrastu, dio njih je sada izmješten u kasnije razrede (*Koloidni sustavi*) ili ga se obrađuje tijekom ranije nastave (*Fizikalna svojstva otopina*). Kada je riječ o temi *Koloidni sustavi*, sadržaj je zapravo ponuđen kao neobvezni nastavni sadržaj za drugi razred – nastavnici imaju mogućnost ostaviti bavljenje tim nastavnim sadržajima za četvrti razred u okviru jedne od četiriju izbornih tema. Što se tiče teme *Fizikalna svojstva otopina* očekuje se da su svi obrazovni ishodi ostvareni tijekom prethodnog školovanja (sedmi razred i prvi razred). Cijela nastavna cjelina *Ravnotežni sustavi* premještena je u treći razred. Što se tiče nastavne cjeline *Brzina kemijske pretvorbe*, njezini nastavni sadržaji većinom su ostavljeni u drugom razredu osim nastavnih sadržaja koji se bave katalizom, koji su prebačeni u treći razred. Nastavna cjelina *Kiseline, baze i soli* u principu je cijela izmještena u treći razred s tim da valja naglasiti da se u osmom razredu kao nastavni sadržaj navodi *Reakcije nastajanja soli*, a u trećem *Metode dobivanja soli*. Pri tome valja naglasiti da je za drugi razred u okviru koncepta B naveden ovako opisan sadržaj *Reaktivnost odabranih metala i nemetala, nastajanje i svojstva oksida metala i nemetala navedenih elementarnih tvari te soli: klorida, hidrida i karbonata* za koji nije jasno u kojoj mjeri bi se isti trebao razlikovati od prirodno povezanih nastavnih sadržaja nastavne cjeline *Kiseline, baze i soli*.

Takva raspodjela sadržaja može imati smisla, ako navedeni obrazovni ishodi dobro definiraju kako će osnovnoškolski nastavni sadržaji biti nadograđeni tijekom prvog razreda gimnazije. Ukupno je, kroz sva četiri koncepta, za nastavu kemije u prvom razredu gimnazije navedeno 36 obrazovnih ishoda. Sagleda li se to iz perspektive nastavnog plana svakom obrazovnom ishodu nastavnik bi mogao posvetiti oko dva nastavna sata, a kako je nastavni proces realno zahtijevan i ne može se očekivati apsolutna učinkovitost, ostvarivanje svih navedenih obrazovnih ishoda možda nije moguće..

Tablica 6.a Usporedba nastavnih tema za drugi razred gimnazije iz nastavnog programa kemije za gimnazije donesenog 1995. godine i saržaja navedenih u novom programu nastavnog predmeta Kemija iz 2019. godine

Stari nastavni program (nastavna tema)	Novi nastavni program (sadržaj)
<i>Energija i entalpija</i>	<p>Termodinamika: prvi zakon termodinamike, unutarnja energija, entalpija. 2C Termokemija: reakcijska entalpija, egzotermne i endotermne promjene, entalpija stvaranja, entalpija sagorijevanja, entalpija promjene agregacijskih stanja, entalpijski dijagrami. 2C Reakcijska kalorimetrija. 2C Računski i problemski zadatci iz područja termokemije. 2D</p> <p>Egzotermne i endotermne promjene, izmjena energije kao topline, pretvorbe energije 7C Energija sustava, energija sadržana u tvarima 1C * Entropija i drugi zakon termodinamike</p>
<i>Fizička svojstva tekućina</i>	<p>Fizikalne promjene: promjene agregacijskih stanja 7B Miješanje tekućina, određivanje gustoće tekućina 7D Destilacija 7D Fazni dijagrami 1A Agregacijska stanja tvari, površinska napetost, viskoznost 1C</p>
<i>Otopine i izražavanje sastava otopina</i>	<p>Sastav otopina: masena i množinska koncentracija, molalnost, množinski udio, priprema otopina (razrjeđivanje i miješanje otopina). 2A</p>
<i>Koligativna svojstva otopina</i>	<p>Otopine: vrste, proces otapanja; koligativna svojstva: tlak para otopina, povišenje vrelišta, sniženje ledišta, osmotski tlak. 2A</p>
<i>Koloidni sustavi</i>	<p>** Kemija koloida (vrste koloidnih otopina prema agregacijskom stanju disperzne faze i disperznog sredstva, načini dobivanja čestica koloidne veličine, načini stabilizacije koloida) Tema 4</p>
<i>Brzina kemijske pretvorbe</i>	<p>Brzina kemijske reakcije: prosječna brzina kemijske reakcije, prosječna brzina trošenja reaktanata i prosječna brzina nastajanja produkata. 2B Čimbenici koji utječu na brzinu promjene: površina reaktanata, agregacijsko stanje, koncentracija, temperatura. 2B Računski i problemski zadatci iz područja sastava otopina i kemijske kinetike. 2D</p> <p>Utjecaj različitih čimbenika na brzinu kemijske reakcije, utjecaj biokatalizatora na brzinu kemijske promjene 8B Katalizatori 3B Srednja brzina kemijske reakcije, utjecaj katalizatora i inhibitora na brzinu reakcija 3D</p>
<i>Ravnotežni sustavi</i>	<p>Le Chatelierovo načelo, položaj ravnoteže i čimbenici koji utječu na ravnotežno stanje: sastav ravnotežne smjese, temperatura i tlak) 3B Konstante ravnoteže: K_c, K_p, K_w) 3D</p>

Tablica 6.b Usporedba nastavnih tema za drugi razred gimnazije iz nastavnog programa kemije za gimnazije donesenog 1995. godine i sadržaja navedenih u novom programu nastavnog predmeta Kemija iz 2019. godine

<p><i>Kiseline, baze i soli</i></p>	<p>Reaktivnost odabranih metala i nemetala, nastajanje i svojstva oksida metala i nemetala navedenih elementarnih tvari te soli: klorida, hidrida i karbonata. 2B</p> <p>Reakcije nastajanja soli 8 B Kiseline, baze, soli, puferi, indikatori 3A Metode dobivanja soli 3B pH-vrijednosti vodenih otopina kiselina i baza 3D</p>
	<p>Doseg kemijske reakcije. 2B 2D Mjerodavni reaktant. 2B 2D</p> <p>Anorganske elementarne tvari i njihovi spojevi (oksidi, kiseline, baze i soli): – metali: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Al – nemetali: H, Cl, O, S, C, N, P. Organske tvari uključene u ostvarivanje ishoda: alkani, halogenalkani, alkeni, alkini. Svojstva i reakcije ugljikovodika: – alkani – homologni niz, izomerija – nastajanje halogenalkana – alkeni – homologni niz, izomerija, adicijske reakcije alkena – alkini – homologni niz, adicijske reakcije alkena – supstitucijske i eliminacijske reakcije halogenalkana jakim lužinama – polimerizacija alkena i alkina.</p>

* dio nastavnih sadržaja koji se ne spominje u novom nastavnom programu ili njegovim preporukama za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda u kurikulumu za nastavni predmet kemije za gimnazije u Republici Hrvatskoj

** dio nastavnih sadržaja koje nastavnik može, ali i ne mora realizirati, jer spadaju u jednu od četiriju izbornih tema koje se biraju na temelju zainteresiranosti učenika četvrtog razreda

U drugom razredu gimnazije nije došlo do znatnih promjena, već je, kao i u prvom, uglavnom došlo do preraspodjele nastavnih sadržaja. Za dio njih očekuje se da će biti usvojeni tijekom osnovnoškolske nastave, a jedan veći dio predviđen je za treći razred gimnazije. Nije jasno zašto su nastavni sadržaj o katalizatorima premješteni u treći razred umjesto da su ostali u drugom u sklopu brzine kemijske reakcije kada se spominju svi čimbenici koji utječu na brzinu kemijske reakcije osim katalizatora. Bilo bi bolje i logičnije da se u tom trenutku uvedu osnovni pojmovi o katalizi (i inhibiciji) pa ih se onda može opširnije raditi iduće školske godine.

Izbacivanje nastavnog sadržaja o entropiji iz programa kemije nema mnogo smisla iako se temelji na kompleksnosti tog pojma, no učenici drugog razreda će svejedno učiti o entropiji i drugom zakonu termodinamike unutar nastavne teme Termodinamički procesi i sustavi iz predmeta fizike.²⁹

2.1.5. Treći razred gimnazije prema novom nastavnom programu^[25,28]

Tablica 7.a Usporedba nastavnih tema za treći razred gimnazije iz nastavnog programa kemije za gimnazije donesenog 1995. godine i saržaja navedenih u novom programu nastavnog predmeta Kemija iz 2019. godine

Stari nastavni program (nastavna tema)	Novi nastavni program (sadržaj)
<i>Oksido-redukcijski procesi</i>	3. B (reakcije oksidacije i redukcije u vodenim otopinama)
<i>Galvanski članci i elektrokemijski izvori energije</i>	3. B (elektrokemijski procesi, korozija i načini zaštite od korozije) 3. C (standardna vodikova elektroda i standardni redukcijski elektrodni potencijal, elektrokemijski niz, galvanski članak, Faradayev zakon)
<i>Elektroliza</i>	3. C (elektrolizni članak)
<i>Uvod u proučavanje anorganske kemije</i>	1. A (fizikalna svojstva čistih tvari, PSE: grupe i periode, periodičnost fizikalnih svojstava atoma)
<i>Vodik, najrasprostranjeniji element u svemiru</i>	7. A (svojstva anorganskih i organskih tvari, svojstva kisika, vodika i dušika)
<i>Halogeni elementi</i>	2. A (reaktivnost odabranih metala (preporuka: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu i Al) i nemetala (preporuka: H, Cl, O, S, C, N i P), nastajanje i svojstva oksida metala i nemetala navedenih elementarnih tvari te soli: klorida, hidrida i karbonata)
<i>Halogeni elementi</i>	2. A (reaktivnost odabranih metala (preporuka: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu i Al) i nemetala (preporuka: H, Cl, O, S, C, N i P), nastajanje i svojstva oksida metala i nemetala navedenih elementarnih tvari te soli: klorida, hidrida i karbonata) ** 4. <i>Kemija okoliša</i> (kemija atmosfere, kemija vode i vodenih sustava)
<i>Dušikova skupina elemenata</i>	2. A (reaktivnost odabranih metala (preporuka: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu i Al) i nemetala (preporuka: H, Cl, O, S, C, N i P), nastajanje i svojstva oksida metala i nemetala navedenih elementarnih tvari te soli: klorida, hidrida i karbonata) ** 4. <i>Kemija okoliša</i> (kemija atmosfere, glavni kemijski pokazatelji kakvoće vode, kemija tla, umjetna i mineralna gnojiva, glavni kemijski pokazatelji kakvoće tla)
<i>Ugljikova skupina elemenata</i>	8. A (anorganski spojevi nemetala i metala) 2. A (reaktivnost odabranih metala (preporuka: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu i Al) i nemetala (preporuka: H, Cl, O, S, C, N i P), nastajanje i svojstva oksida metala i nemetala navedenih elementarnih tvari te soli: klorida, hidrida i karbonata) ** 4. <i>Znanost o materijalima</i> (alotropija ugljika: procesi dobivanja svojstva i osnovne reakcije uz primjenu fullerena, nanocjevčica, grafena, grafita i dijamanta)
<i>Svojstva metala</i>	1. B (metalno vezivanje: teorija metalnog plina, električna i toplinska vodljivost metala)
<i>Alkalijski i zemnoalkalijski metali</i>	2. A (reaktivnost odabranih metala (preporuka: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu i Al) i nemetala (preporuka: H, Cl, O, S, C, N i P), nastajanje i svojstva oksida metala i nemetala navedenih elementarnih tvari te soli: klorida, hidrida i karbonata) ** 4. <i>Kemija okoliša</i> (glavni kemijski pokazatelji kakvoće vode: (...) tvrdoća vode)
<i>Tehnički važni metali</i>	3. B (korozija i načini zaštite od korozije) * Al, Fe i Cu: načini dobivanja i njihove legure, kompleksni spojevi prijelaznih metala i njihova primjena
<i>Pozitivni utjecaj kemije na uvjete života i rada</i>	** 4. <i>Kemija okoliša</i> (kemija tla, umjetna i mineralna gnojiva) ** 4. <i>Znanost o materijalima</i> (polimerizacija, anorganski i organski polimeri, prirodni i sintetski polimeri)

Tablica 7.b Usporedba nastavnih tema za treći razred gimnazije iz nastavnog programa kemije za gimnazije donesenog 1995. godine i saržaja navedenih u novom programu nastavnog predmeta Kemija iz 2019. godine

<i>Zagađenje i zaštita zraka</i>	** 4. <i>Kemija okoliša</i> (kemija atmosfere, osnovni sastav čistoga zraka, tvari koje onečišćuju zrak, njihovi izvori, zadržavanje u zraku i načini uklanjanja, smog i ozonske rupe; glavni kemijski pokazatelji kakvoće zraka: koncentracija sumporovih oksida, dušikovih oksida, amonijaka, ozona, benzena, lebdećih čestica)
<i>Zagađenja i zaštita voda</i>	** 4. <i>Kemija okoliša</i> (kemija vode i vodenih sustava, glavni kemijski pokazatelji kakvoće vode: pH-vrijednost, koncentracija nitrata, nitrita i amonijaka, klorida, organske tvari, tvrdoća vode)
<i>Zagađenje i zaštita tla</i>	** 4. <i>Kemija okoliša</i> (kemija tla, vrste tla s obzirom na građu i sastav, izvori onečišćenja tla i mogućnost njihova uklanjanja; glavni kemijski pokazatelji kakvoće tla)

* dio gradiva koji se ne spominje u nastavnom sadržaju ili preporukama za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda u kurikulumu za nastavni predmet kemije za gimnazije u Republici Hrvatskoj

** dio gradiva koji nastavnik može, ali ne mora realizirati jer spada u jednu od četiri izbornih tema koje se biraju na temelju zainteresiranosti učenika četvrtog razreda

U trećem razredu najveća razlika napravljena je u obradi svojstava kemijskih elemenata kroz glavne skupine periodnog sustava elemenata. Prema starijem programu svaka se skupina obrađivala kroz nekoliko nastavnih jedinica koje su obuhvaćale zastupljenost, dobivanje, svojstva i najznačajnije spojeve elemenata određene skupine.³⁰ Po novom kurikulumu u osnovnoj školi se uvode nazivi glavnih skupina dok se kroz srednju školu obrađuje dio po dio. Takav postupak i kontinuiran način poučavanja omogućuje učenicima dugotrajno znanje. Umjesto nabiranja važnijih spojeva određene skupine, učenici trećeg razreda će od iduće školske godine učiti općenito o solima, kiselinama i bazama te na koji se način one dobivaju i koja su im svojstva. Na taj način učenici ne moraju nabirati spojeve napamet, već mogu smisleno povezati to gradivo i stečeno znanje primijenjivati u svakodnevnom životu.

Nastavna tema *Tehnički važni metali* koja je obuhvaćala nastavne sadržaje o legurama aluminijske, željezne i bakrene te kompleksnim spojevima prijelaznih metala se više ne radi zasebno kroz nekoliko nastavnih sati, no to ne znači da novi nastavni program ne sadrži te nastavne sadržaje. Kompleksni spojevi se rade u sklopu nastavne jedinice *Soli* kao dio „za one koji žele više“ dok se o aluminiju, željezu i bakru te njihovim legurama uči u drugom razredu kao dio koncepta A (Tvari) u sklopu *Reaktivnosti određenih metala*.

2.1.6. Četvrti razred gimnazije prema novom nastavnom programu

Tablica 8. Usporedba nastavnih tema za četvrti razred gimnazije prema udžbeniku³¹ i kurikulumu za nastavni predmet kemije iz 2019. godine.

Stari nastavni program (nastavna tema)	Novi nastavni program (sadržaj)
<i>Alkani</i>	8. A (organski spojevi: metan, etan, propan, butan) 2. B (svojstva i reakcije ugljikovodika: alkani - homologni niz, izomerija, nastanak halogenalkana, supstitucijske i eliminacijske reakcije halogenalkana jakim lužinama) ** 4. <i>Kemija odabranih biomolekula</i> (cikloalkani)
<i>Alkeni</i>	8. A (organski spojevi: eten) 2. B (svojstva i reakcije ugljikovodika: alkeni - homologni niz, izomerija, adicijske reakcije alkena)
<i>Alkini</i>	8. A (organski spojevi: etin) 2. B (svojstva i reakcije ugljikovodika: alkini - homologni niz, adicijske reakcije alkina)
<i>Nafta</i>	8. C (izvori energije: ugljen, nafta i zemni plin)
<i>Alkoholi, fenoli, eteri</i>	3. A (alkoholi) 3. B (reakcije organskih tvari: dobivanje alkohola, supstitucijske reakcije alkohola, oksidacija alkohola)
<i>Aldehidi i ketoni</i>	3. A (aldehidi i ketoni) 3. B (reakcije organskih tvari: oksidacija aldehida i ketona, adicije alkohola na aldehide i ketone)
<i>Karboksilne kiseline i njihovi derivati</i>	8. A (mravlja i octena kiselina) 3. A (karboksilne kiseline, esteri) 3. B (esterifikacija, hidroliza estera)
<i>Kiralnost i optička aktivnost</i>	** 4. <i>Kemija odabranih biomolekula</i> (stereokemija biomolekula: kiralnost, optička aktivnost)
<i>Amini</i>	** 4. <i>Kemija odabranih biomolekula</i> (amini i amidi)
<i>Ugljikohidrati</i>	7. A (biološki važni spojevi: ugljikohidrati) ** 4. <i>Kemija odabranih biomolekula</i> (ugljikohidrati: monosaharidi, disaharidi, polisaharidi)
<i>Aminokiseline i proteini</i>	7. A (biološki važni spojevi: proteini) ** 4. <i>Kemija odabranih biomolekula</i> (aminokiseline, podjela aminokiselina, peptidi, enzimi, proteini i metaloproteini)

** dio gradiva koji nastavnik može, ali ne mora realizirati jer spada u jednu od četiri izbornih tema koje se biraju na temelju zainteresiranosti učenika četvrtog razreda

U četvrtom razredu je došlo do najviše promjena u programu koji ima određene prednosti, ali i nedostatke. Od ponuđenih pet nastavnih tema, nastavnik je nužan realizirati tri od kojih su dvije odabrane prema zainteresiranosti učenika. Vrijeme će pokazati koliko je dobro to što će učenici sudjelovati u izboru nastavnih tema, tj. što će odlučivati o sadržaju koji će učiti. Nastavnici također imaju više slobode u realizaciji tih nastavnih sadržaja u smislu da se mogu, ali ne moraju držati preporuka za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda. Preporuke su uvijek dobrodošle, no nastavnici mogu odabrati drugačije sadržaje kojima mogu ostvariti određene ishode te tako više izraziti svoju kreativnost u radu. Ono što najviše zbunjuje je činjenica da se dvije teme uopće neće raditi, a svaka od ponuđenih tema pruža informacije koje mogu biti od velike koristi

učenicima u nastavku školovanja ili općenito u životu. Bilo bi dobro da se nakon obavezne teme *Elektromagnetsko zračenje i tvari* izdvoji nekoliko nastavnih sati za uvodni dio i kratko prezentiranje svake od preostalih četiri tema pa se na taj način učenici mogu lakše odlučiti što ih više zanima. Jedna od izbornih tema je *Znanost o materijalima* u kojoj se dio sadržaja odnosi na temelje razvoja farmaceutske industrije. Ta tema bi bila od velike koristi učenicima koji će se u nastavku školovanja opredijeliti za studij farmacije. *Kemija odabranih biomolekula* je tema kojom bi učenici zainteresirani za biokemiju ili organsku kemiju dobili određeno predznanje koje bi im bilo od koristi pri studiranju na prirodoslovno-matematičkom ili srodnim fakultetima. Tema *Kemija koloida* je nešto kraća tema koja obuhvaća nastavni sadržaj koji se redovno radi u drugom razredu gimnazije prema starijem programu. *Kemija okoliša* obuhvaća sadržaj o atmosferi, vodama i tlu te na koji način se okoliš zagađuje i na koji način se on može zaštititi. Sadržaj te teme je od iznimne važnosti jer se njime potiče ekološka osvještenost učenika, upoznaje ih se sa uzrocima i posljedicama zagađivanja okoliša te ih se uči na koje načine se može zaštititi okoliš. Bilo bi dobro da se učenicima omogući slušanje svih tema ako se namjeravaju u budućnosti baviti znanosti ili ih zanima nastavna tema koja se neće raditi u njihovom razrednom odjelu. U tom slučaju bi bilo poželjno da se osigura dodatna ili fakultativna nastava kemije na koju bi učenici mogli dolaziti u izvannastavno vrijeme.

2.2. OBJAŠNJENJE NASTAVNOG SATA

2.2.1. Korisnost poučavanja o Sunčevoj energiji

Sunce svakodnevno emitira ogromnu količinu energije u svemir i samo jedan mali dio te energije dođe do Zemlje. Oko 30% energije koja dođe do Zemlje se reflektira natrag u svemir, oko 20% se apsorbira u atmosferi, a ostatak apsorbiraju kopno i voda na površini Zemlje. Sunčeva energija je primarni izvor energije za sve procese koji se događaju na Zemlji od biljaka, životinja, minerala, do energije potrebne za kretanje vode i vjetra. Energija Sunca koja dolazi do Zemlje za vrijeme jednog dana zadovoljava godišnje energetske potrebe ljudi. Iskorištavanjem solarne energije ne dolazi do ispuštanja stakleničkih plinova i općenito zagađivanja atmosfere pa se treba što više okrenuti tom načinu dobivanja energije. U današnje vrijeme se energija Sunca koristi za grijanje, hlađenje i ventilaciju prostorija, destilaciju i

dezinfekciju vode u područjima bez pristupa pitkoj vodi, uzgoj raznih biljaka pod staklenicima, za razna vozila koja rade na solarni pogon i slično.

Tema zarobljivanja Sunčeve energije je izrazito pogodna za projektnu nastavu jer omogućava integraciju gradiva kemije s biologijom (pr. fotosinteza), fizikom (pr. elektrokemija), matematikom (pr. računanje energije, valne duljine ili frekvencije elektromagnetskog zračenja), llikovnom kulturom (pr. boje solarnih kolektora), glazbenom kulturom (pr. solarni glazbeni instrumenti) ili povijesti (pr. korištenje Sunčeve energije u prošlosti). Također bi se našlo puno povezanosti sa arhitekturom i geografijom npr. za opisivanje izgradnje pasivnih kuća tj. uvjeta potrebnih da se one izgrade poput lokacije koja ima optimalan godišnji broj sunčanih sati. Na taj način učenici mogu sami izabrati vlastiti projekt koji ih najviše zanima i zajedno s učenicima koji dijele slične interese napraviti kratko istraživanje i prezentirati ga ostatku razreda.

2.2.2. Nastavni sat

2.2.2.1. Potrebni materijali i metode za izradu nastavnog sata

Pokus: „Sunčece ti presvetlo” - Grijanje vode i zraka Sunčevom energijom u čašama različitih boja

Pribor: 8 plastičnih, prozirnih i bezbojnih čaša 40 mL, termometar, injekcijska štrcaljka 60 mL, kist

Kemikalije: voda i tempere (bijela, crna, crvena, plava i žuta)

Ključna opažanja tijekom pokusa:

- Zrak se najbrže zagrije u crnoj, ljubičastoj, zelenoj i plavoj čaši, a najmanje u bijeloj i žutoj
- Rezultati mjerenja temperature vode u čašama se podudaraju s rezultatima zagrijavanja čaša sa zrakom

Iz perspektive starog programa

Nastavni sat bi se prema starom programu mogao iskoristiti u sklopu nastavne teme *Kemija i okoliš* koja se radila u trećem razredu gimnazije. Naglasak tog sata bi bio na iskorištavanju

Sunčeve energije i općenito o prednostima obnovljivih izvora energije. Iz tog bi se razloga radni listić malo preformulirao i dopunio sa još ponekim pitanjima vezanih uz iskorištavanje energije Sunca.

Iz perspektive novog programa

Nastavni sat bi se prema novom programu mogao iskoristiti kao uvodni sat u nastavnu temu *Elektromagnetsko zračenje i tvari* u sklopu četvrtog razreda. Također bi se taj sat mogao nadovezati na temu *Kemija okoliša*.

Glavni nastavni cilj: Analiziranje međudjelovanja tvari s elektromagnetskim zračenjem i otkrivanje koja su dva načina aktivnog iskorištavanja energije Sunca.

Razred: IV. razred gimnazije

Oblik rada: individualni, u paru ili grupni rad

Nastavna tema: Elektromagnetsko zračenje i tvari

Prethodno potrebne vještine, znanja i sposobnosti:

- Razlikovati primarne i sekundarne boje
- Navesti vrste elektromagnetskog zračenja
- Povezati valnu duljinu elektromagnetskog zračenja sa bojom u vidljivom dijelu spektra
- Razlikovati emisiju, apsorpciju i refleksiju elektromagnetskog zračenja
- Zaključiti koja je boja nekog predmeta na temelju podataka o apsorpciji ili refleksiji zračenja u vidljivom dijelu spektra.
- Povezati rezultate pokusa sa svakodnevnim spoznajama
- Prepoznati komplementarne parove boja
- Podatke dobivene mjerenjem prikazati grafički

Izlazni ishodi:

- ABC 4.1. Analizira međudjelovanja tvari s elektromagnetskim zračenjem.
- D.4.3. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama

- D.4.5. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstom, crtežom, modelima, tablicama i grafovima.

2.2.2.2. *Tijek nastavnog sata*

Prije samog izvođenja pokusa učenici iznose svoje pretpostavke što bi se moglo dogoditi sa čašama nakon 20 minuta izlaganja Suncu te ih zapisuju u radni listić kao odgovor na PITANJE 1.a, b i c. Nakon toga oni slijede upute dane kroz KORAKE 1, 2, 3 i 4 na radnom listiću i izvode pokus.

Za izvođenje pokusa „Sunčece ti presvetlo“ potrebno je ponajprije vedro, stabilno i sunčano vrijeme. Kako je teško prognozirati vremeske prilike za točno određeni dan ili vremensko razdoblje koje bi odgovaralo nastavnom satu kemije za pojedini razred, postoji nekoliko varijanti dobivanja potrebnih podataka. Jedna od mogućnosti je da se učenicima dodijeli zadatak za vrijeme ljetnih praznika ili otprilike mjesec dana prije obrade nastavne cjeline i da oni kod kuće naprave pokus prema vlastitom rasporedu i vremenskim uvjetima. Druga mogućnost je da se organizira 90-minutni nastavni sat na otvorenom tijekom kojeg bi se radilo ponavljanje određenih nastavnih sadržaja i učenici bi mogli svakih 10 minuta očitati rezultate i bilježiti ih u tablicu u radnom listu. Posljednja mogućnost je u slučaju dužih nepovoljnih vremenskih prilika da se učenicima podijele podatci koje je prikupio nastavnik tijekom vlastitog mjerenja.

Jednom kad učenici imaju sve potrebne podatke u tablici 1, kreću na KORAK 5 u kojem trebaju te podatke prikazati grafički. Time se ostvaruje odgojno-obrazovni ishod D.4.5.

PITANJE 3 je postavljeno da se učenici podsjetite kako postoje nekoliko vrsta elektromagnetskog zračenja i da se ovim pokusom zapravo fokusiramo samo na vidljivi dio spektra. Time ih se usmjerava da što lakše dođu do glavnog zaključka ovog pokusa.

PITANJA 4 i 5 služe kao navođenje učenika da idu u određenom smjeru kako bi samostalno objasnili rezultate pokusa. Također služe i kao ponavljanje njima poznatih pojmova.

Svrha PITANJA 6 je zapravo zaključak cijelog pokusa. Učenici trebaju objasniti rezultate pokusa koristeći pojmove do kojih su došli odgovarajući na sva prethodna pitanja kroz radni listić.

Da bi učenici mogli povezati dobivene rezultate pokusa i to znanje primijeniti u svakodnevnom životu služi PITANJE 7. Time se ujedno ostvaruje ishod D.4.3.

Za kraj radnog listića osmišljen je zabavni rebus kao PITANJE 8 pomoću kojeg učenici otkriju koja su dva načina aktivnog iskorištavanja energije Sunca.

2.3. ZAKLJUČAK METODIČKOG DIJELA

Novi nastavni program (kurikulum) napisan drugačije i na određen način detaljnije nego stari. U njegovom uvodnom dijelu opisan je predmet i svrha učenja kemije te su nabrojene mnoge vještine i sposobnosti koje učenici mogu razviti baveći se kemijom. U tom dijelu nema sadržajno značajnijih razlika u odnosu na stari nastavni program. U nastavku dokumenta navedeni su temeljni odgojno-obrazovni ciljevi učenja i poučavanja kemije.

Nastavak dokumenta posvećen je strukturi novog nastavnog programa kemije koji je podijeljen na četiri koncepta. Takva podjela za nastavu kemije, a i samu kemiju, nije u najbolja, ali je nastala kao posljedica ujednačavanja konceptata srodnih nastavnih predmeta.

Prirodnoznanstveni pristup je koncept koji zapravo objedinjuje prva tri i uveden je kako bi se pratio razvoj eksperimentalnih i matematičkih vještina učenika, tj. razvoj njihove prirodoslovne pismenosti. Stoga bi, s obzirom na sve što je njime obuhvećno, on trebao predstavljati temelj nastavne prakse, a ne jedan njezin sastavni dio. Prirodoslovna pismenost treba biti posljedica procesa odgoja i obrazovanja, a podrazumijeva stjecanje vještina znanstvene komunikacije, interpretacije podataka i razumijevanje metoda znanstvenog istraživanja.

Za četvrti razred gimnazije nastavni sadržaj i odgojno-obrazovni ishodi nisu prikazani u konceptima A, B, C i D kao za prvi, drugi i treći razred, već su prikazani unutar pet zasebnih tema od kojih su nastavnici obvezni realizirati tri teme u cijelosti. Nastavna tema Elektromagnetsko zračenje i tvari obvezna je u svim gimnazijama, a ostale dvije nastavnici biraju na temelju zainteresiranosti učenika.

Temeljna razlika koju donosi novi nastavni program je raspisanost obrazovnih ishoda kojima se pokušava definirati očekivana učenička postignuća. S tim ciljem, obrazovni ishodi su definirani uporabom nesvršenog prezenta mjerljivog glagola u trećem licu jednine (navodi, opisuje, razmatra, razlikuje...). Bilo bi bolje da su definirani uporabom infinitiva glagola i usmjerni na ono što će učenik biti ispitivan. U tom smislu bili bi jasniji i učenicima i roditeljima i nastavnicima. Realizacija odgojno-obrazovnih ishoda je obvezna, ali se učiteljima i nastavnicima ostavlja sloboda u redosljedu njihove obrade. Uz odgojno-obrazovne ishode, navode se i sadržaji na razini koncepta za pojedinu godinu učenja. Sadržaj je „kratak opis onoga

što je obvezno učiti i poučavati i bitan je za postizanje dubinskog razumijevanja koncepta predmetnoga kurikulumu.”²⁸

Hoće li predloženi nastavni program zaživjeti u nastavi te kada i pogotovo kako, uglavnom će ovisiti o praktičarima i njihovoj procjeni mogućnosti njihovih učenika.

3. LITERATURNI IZVORI

1. J. L. Atwood, J. W. Steed, *Supramolecular Chemistry*, Wiley, 2009.
2. S. L. James i sur., *Mechanochemistry: opportunities for new and cleaner synthesis*, Chem. Soc. Rev. 41 (2012) 413–447
3. J.-M. Lehn, *Perspectives in supramolecular chemistry—from molecular recognition towards molecular information processing and self-organization*, Angew. Chem. Int. Ed. 29 (1990) 1304–131
4. Jean-Marie Lehn, *Science* 5115 (1993) 1762–1763
5. T. Lijić, *Supramolekulske arhitekture u kompleksima metala*, završni rad, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2016.
6. G. R. Desiraju, *Supramolecular synthons in crystal engineering—a new organic synthesis*, Angew. Chem. Int. Ed. 34 (1995) 2311–2327
7. J. A. Perman, J. J. Perry IV, M. J. Zaworotko, *Design and synthesis of metal–organic frameworks using metal–organic polyhedra as supermolecular building blocks*, Chem. Soc. Rev. 38 (2009) 1400–1417
8. Q. Xu, Q. L. Zhu, *Metal–organic framework composites*, Chem. Soc. Rev. 43 (2014) 5468–5512
9. D. V. Soldatov, *J. Chem. Crystal*, 64 (2006) 246–253
10. S. Čičić, *Međumolekulske interakcije u kristalnim strukturama adicijskih spojeva halogeniranih bakrovih(II) karboksilata s N-donornim ligandima*, Diplomski rad, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2011.
11. M. Brckan, *Supramolekulske mreže koje sadrže Cu(ii), Mn(ii) i Ni(ii)*, Diplomski rad, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2019.
12. D. Grdenić, *Molekule i kristali*, Školska knjiga, Zagreb, 1973.
13. R. Chang, J. Overby, *General Chemistry*, McGraw-Hill, New York, 2011.
14. M. S. Silberberg, *Chemistry*, McGraw-Hill, New York, 2009.
15. G. Cavallo, P. Metrangolo, R. Milani, T. Pilati, A. Priimagi, G. Resnati, G. Terraneo, *The Halogen Bond*, Chem. Rev. 116 (2016) 2478–601
16. G. R. Desiraju, R. Parthasarathy, *The Nature of Halogen···halogen Interactions: Are Short Halogen Contacts due to Specific Attractive Forces or due to Close Packing of Nonspherical Atoms?*, J. Am. Chem. Soc. 111. (1989) 8725–8726
17. D. Chopra, *Is Organic Fluorine Really “Not” Polarizable?* Cryst. Growth Des. 12 (2012) 541–546
18. I. Pavličić, *Karboksilatni kompleksi bakra(II)*, Diplomski rad, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2018.
19. L. J. Farrugia, *J. Appl. Cryst.* **45** (2012) 849.
20. G. M. Sheldrick, *Acta Cryst* **45** (2012) 112.
21. C. F. Macrae, P. R. Edgington, P. McCabe, E. Pidcock, G. P. Shields, R. Taylor, M. Towler, nJ. van der Streek, *J. Appl. Cryst.* **2006**, 39, 453.
22. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/15cf791a-4c97-4f29-84d9-17c1b47ceccc/kemija-2/m04/j04/index.html> (pristupljeno 20. veljače 2020.)
23. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/593163fa-8109-4185-8fd6-0b899459a79c/kemija-8/m01/j03/index.html> (pristupljeno 20. veljače 2020.)
24. I. Filipović, S. Lipanović, *Opća i anorganska kemija*, Školska knjiga, 1988
25. http://dokumenti.ncvvo.hr/Nastavni_plan/gimnazije/obvezni/kemija.pdf (pristupljeno 20. veljače 2020.)
26. https://mk0pisanecvvo pocw453.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2019/12/PRIOP%C4%86ENJE-ZA-MEDIJE_PISA-2018.pdf (pristupljeno 10. kolovoza 2020.)
27. https://skolazazivot.hr/wp-content/uploads/2019/03/Evaluacija-eksperimentalnoga-programa-Cjelovite-kurikularne-reforme-%C5%A0kola-za-%C5%BEivot_final-LK.pdf (pristupljeno 12. kolovoza 2020.)
28. https://skolazazivot.hr/wp-content/uploads/2020/07/KEM_kurikulum.pdf (pristupljeno 3. kolovoza 2020.)
29. https://skolazazivot.hr/wp-content/uploads/2020/06/FIZ_kurikulum.pdf (pristupljeno 17. kolovoza 2020.)
30. Bulić M., Kovačević Lj., Popović Z., *Kemija 3*, Alfa, Zagreb, 2015.
31. Sever B., Stričević D., *Temelji organske kemije*, PROFIL, Zagreb, 2006.

4. DODATAK

POKUS 1 Sunčece ti presvetlo

Pribor: 8 plastičnih, prozirnih i bezbojnih čaša 40 mL, termometar, injekcijska štrcaljka 60 mL, kist

Kemikalije: voda, tempere (bijela, crna, crvena, plava i žuta)

KORAK 1 Uzmi jednu čašu i kistom nanesi crvenu temperu na njezinu vanjsku stranu (stijenka i dno) tako da je čaša jednolično obojana. Postupak ponovi s preostalim sedam čaša tako da imaš, osim crvene i narančastu, žutu, zelenu, plavu, ljubičastu, bijelu te crnu čašu. Nakon bojanja čaša, pusti ih da se osuše.

KORAK 2 Osušene čaše okreni naopačke na ravnoj podlozi te ih ostavi 20 minuta izložene Suncu.

PITANJE 1.a Što će se dogoditi s čašama tijekom 20 minuta?

Čaše će se zagrijati.

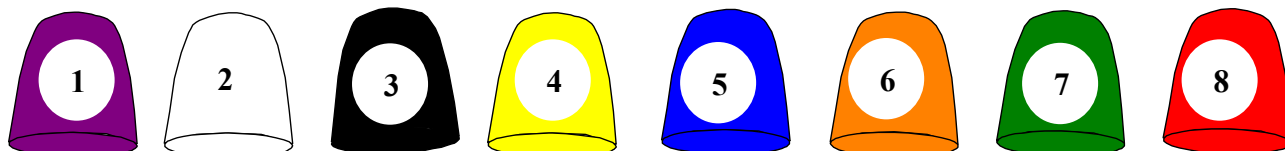
PITANJE 1.b Ako nakon 20 minuta izloženosti Suncu dodirneš svaku pojedinu čašu, hoće li one biti podjednako tople?

Čaše neće biti podjednako tople.

PITANJE 1.c Koja čaša će biti najtoplija, a koja najhladnija?

Crna čaša će biti najtoplija, a bijela najhladnija.

PITANJE 2 Poredaj čaše od najhladnije prema najtoplijoj na temelju dodira svake čaše nakon što su bile izložene Suncu 20 minuta.



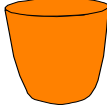
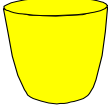
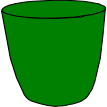
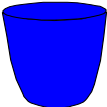




$2 < 4 < 6, 8 < 5, 7 < 1 < 3$

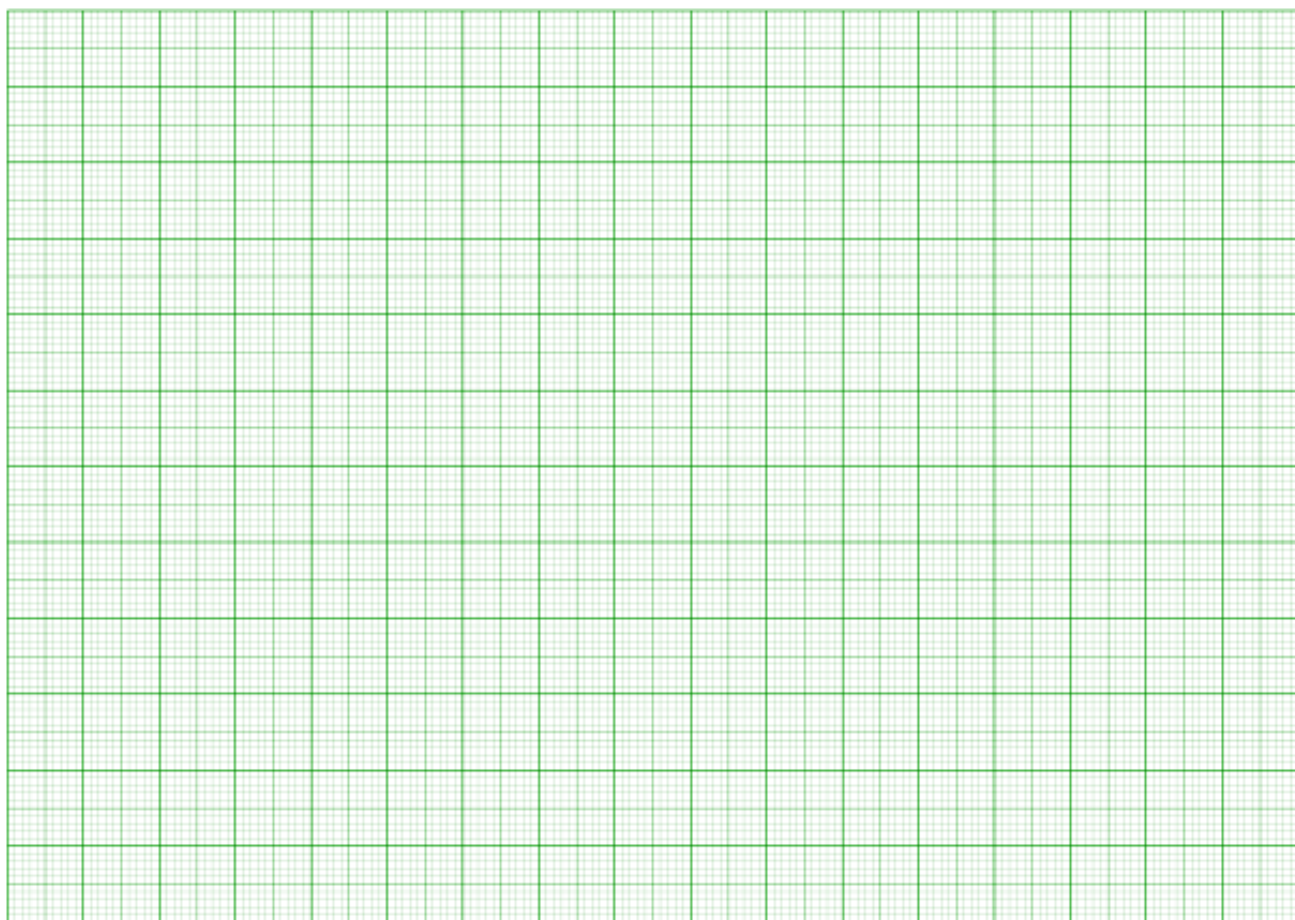
KORAK 3 Osušene čaše vrati u hladovinu i pričekaj da se ohlade tj. da su na dodir sve podjednake temperature. Nakon toga dodaj po 40 mL vode u svaku čašu pomoću injekcijske štrcaljke i pomoću termometra očitaj početnu temperaturu vode u svakoj čaši. Ako temperatura vode nije jednaka u svim čašama, pričekaj još nekoliko minuta da se izjednače. Kad je vrijednost temperature vode jednaka u svim čašama, tu vrijednost upiši u tablicu 1.

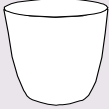
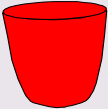

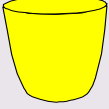

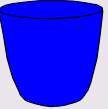


KORAK 4 Čaše s vodom ponovo izloži Suncu i počni mjeriti vrijeme. Očitaj temperaturu vode svakih 10 minuta za svaku čašu i vrijednosti upiši u tablicu 1. Postupak ponavljaj do šezdesete minute.

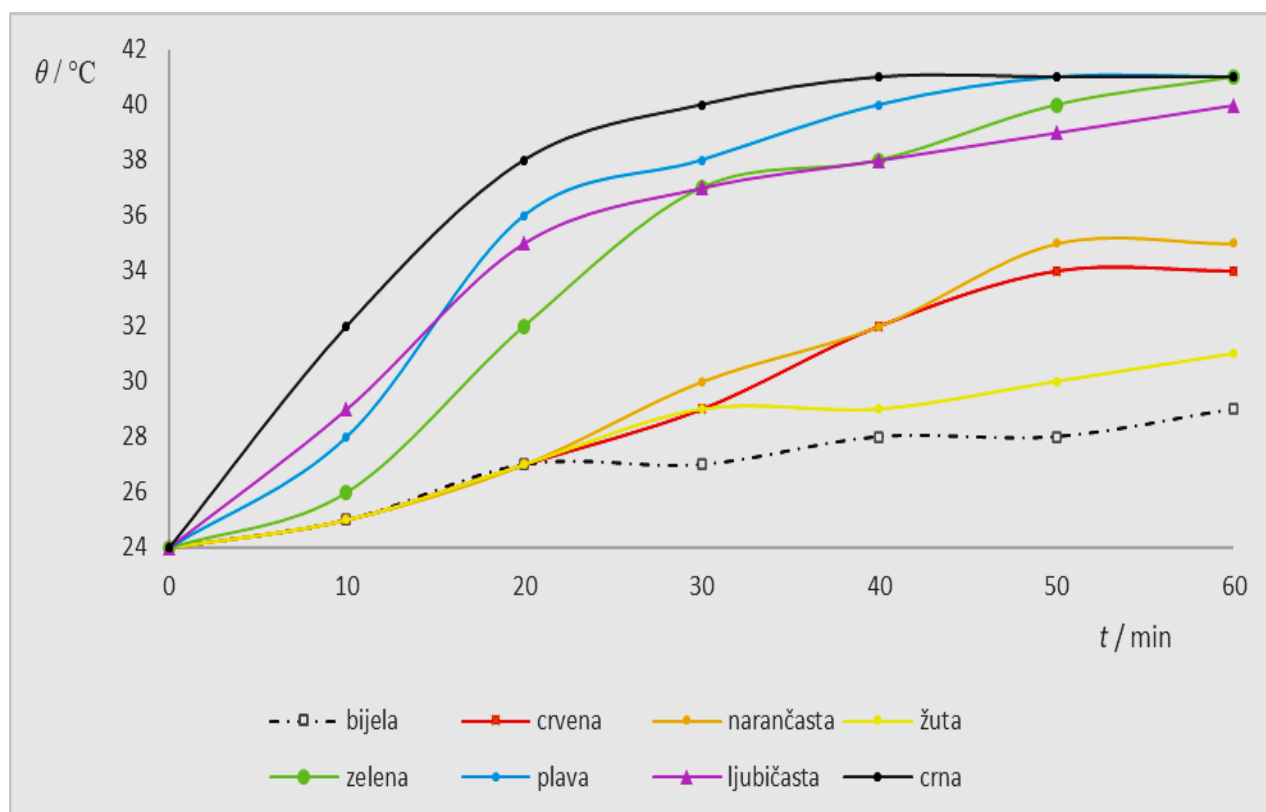
Tablica 1. Temperatura vode u čašama.

t / min								
	$\theta / ^\circ\text{C}$							
0								
10								
20								
30								
40								
50								
60								

KORAK 5 Podatke iz tablice 1 prikaži grafički i pored svake linije napiši kojoj čaši pripada.



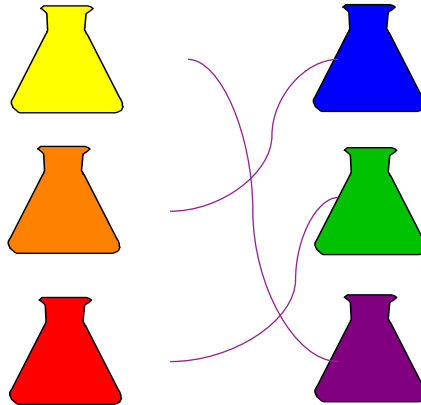
t / min	$\theta / ^\circ\text{C}$							
								
0	24	24	24	24	24	24	24	24
10	25	25	25	25	26	28	29	32
20	27	27	27	27	32	36	35	38
30	27	29	30	29	37	38	37	40
40	28	32	32	29	38	40	38	41
50	28	34	35	30	40	41	39	41
60	29	34	35	31	41	41	40	41



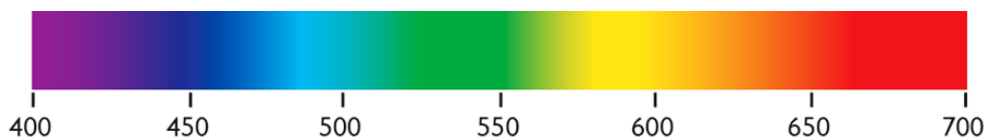
PITANJE 3. Nabroji vrste elektromagnetskog zračenja?

Vrste elektromagnetskog zračenja su gama, rendgensko, ultraljubičasto, vidljivo, infracrveno, mikrovalno i radiovalno zračenje.

PITANJE 4.a Poveži komplementarne parove boja.



PITANJE 4.b Ljudsko oko osjetljivo je na elektromagnetsko zračenje valnih duljina između 400 i 700 nm što odgovara vidljivom dijelu spektra.



Neki predmet ima svojstvo **apsorpcije** samo na valnom području od 550 nm što odgovara zelenoj boji. Koje je boje to tijelo? Objasni svoj odgovor.

To tijelo reflektira svo zračenje osim apsorbiranog, a mi tu smjesu zračenja vidimo kao crveno što je komplementarno zelenome.

PITANJE 5.a Koje svojstvo ima bijela površina, a koje crna u smislu apsorpiranja i reflektiranja zračenja vidljivog dijela spektra? Može li se reći da su to boje?

Bijela površina reflektira sva valna područja zračenja vidljivog dijela spektra, a crna ih u potpunosti apsorpira. Iz tog razloga ne možemo reći da su bijela i crna boje.

PITANJE 6 Ako neki predmet apsorbira dio vidljivog spektra većih valnih duljina koje su bliže IR području, ujedno apsorbira i više topline. Na temelju te tvrdnje i dosad danih odgovora, što možeš sve zaključiti o dobivenim rezultatima pokusa?

Crna čaša apsorbira svo zračenje pa je bilo i za očekivati da će se najviše zagrijati. Ljubičasta, plava i zelena čaša apsorbiraju u području koji odgovara njihovim komplementarnim bojama dakle žuta, narančasta i crvena koje su bliže IR području pa su se one iz tog razloga više zagrijale. Bijela čaša je bila najhladnija što je bilo također u skladu s očekivanjima jer bijela površina reflektira većinu zračenja.

PITANJE 7 Zašto su spremnici vode za tuširanje na plažama crni, a spremnici za čuvanje kišnice i iskorištavanje te vode za zalijevanje vrta bijeli?

Voda za zalijevanje će ostati hladna tijekom dana, a u spremniku za tuširanje će biti topla pa čak i vruća ovisno o izloženosti Suncu.



Slika 1. Spremnik za čuvanje kišnice (lijevo) i spremnik vode za tuširanje (desno).

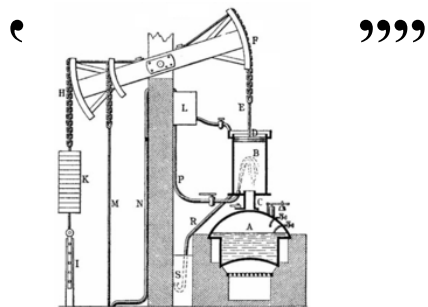
PITANJE 8 Sunčeva energija se najviše koristi za dobivanje toplinske energije i električne energije. Rješavanjem rebusa doći ćeš do općenitih naziva „uređaja“ kojima se može zarobiti energija Sunca.

XXVIII

a)



+

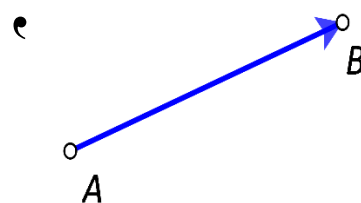


Rješenje: _____ (solarni)



”

+



Rješenje: _____ (kolektor)

b)



””””””””

+



+

ska

Rješenje: _____ (fotonaponska)



Rješenje: _____ (ćelija)

5. ŽIVOTOPIS

Osobni podatci

Ime i prezime: Patricija Kovač

Datum rođenja: 5. srpnja 1993.

Mjesto rođenja: Čakovec

Obrazovanje

2000–2008 Osnovna škola Podturen

2008–2012 Gimnazija Čakovec

2012–2018 Prediplomski sveučilišni studij kemije

2018–2020 Diplomski sveučilišni studij kemije (smjer nastavnički)

Sudjelovanja u popularizaciji znanosti

2017 Otvoreni dan kemije, sudjelovanje u radionici za djecu

2017–2018 Smotra Sveučilišta, sudjelovanje i doprinos u realizaciji predstavljanja Prirodoslovno-matematičkog fakulteta

2017–2019 „Znanstvene čarolije“ (dio studentske sekcije hrvatskog kemijskog društva), držanje znanstvenih radionica djeci u vrtićima i osnovnim školama

2019 IJSO 2019 (International Junior Science Olympiad), sudjelovanje u pripremi učenika za međunarodnu prirodoslovnu olimpijadu mladih

2020 EUSO 2020 (European Union Science Olympiad), jedna od ocjenjivača učenika pri testiranju za prirodoslovnu olimpijadu Europske Unije

2020 Sudjelovanje na metodičkoj radionici Dr. Stuart Kohlhausen - The science nomad, Inquiry based activities for the learning of Science and Maths (Aktivni oblici učenja znanosti i matematike)

Postignuća i nagrade

Dekaničina nagrada za izuzetan uspjeh u studiju povodom Dana Fakulteta, 21. travnja 2020.